

DIALOG(R) File 351:Derwent WPI  
(c) 2001 Derwent Info Ltd. All rts. reserv.

008317072      \*\*Image available\*\*

WPI Acc No: 1990-204073/199027

XRAM Acc No: C90-088150

XRPX Acc No: N90-158423

**X-ray exposure appts. for semiconductor wafer - comprises exposure unit with shutter and mask, and mirror to reflect X-ray**

Patent Assignee: CANON KK (CANO )

Inventor: ABE N; AMEMIYA M; EBINUMA R; HIGOMURA M; KARIYA T; MIZUSAWA N;

OZAWA K; SAITOH K; SAKAMOTO E; UDA K; UZAWA S

Number of Countries: 002    Number of Patents: 004

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
JP 2100311	A	19900412	JP 88252991	A	19881006	199027    B
US 5524131	A	19960604	US 88264791	A	19881031	199628
			US 92879445	A	19920501	
			US 93153288	A	19931117	
			US 95441641	A	19950515	
JP 2770960	B2	19980702	JP 88252991	A	19881006	199831
US 5822389	A	19981013	US 88264791	A	19881031	199848
			US 92879445	A	19920501	
			US 93153288	A	19931117	
			US 95441641	A	19950515	
			US 95464038	A	19950605	

Priority Applications (No Type Date): JP 88252991 A 19881006

Patent Details:

Patent No	Kind	Lan	Pg	Main IPC	Filing Notes
JP 2100311	A		94		
US 5524131	A	140	G21K-005/00		Cont of application US 88264791 Cont of application US 92879445 Cont of application US 93153288
JP 2770960	B2	97	H01L-021/027		Previous Publ. patent JP 2100311
US 5822389	A		G21K-005/00		Cont of application US 88264791 Cont of application US 92879445 Cont of application US 93153288 Div ex application US 95441641 Div ex patent US 5524131

Abstract (Basic): JP 2100311 A

X-ray exposure appts. for semiconductor wafer comprises a mirror unit and exposure unit to expose the wafer with an X-ray reflected from the mirror unit through a mask, the exposure unit having an exposure control shutter and mask hold stage.

USE - For forming patterns on semiconductor wafers. (Provisional Basic previously advised in week 9021). (94pp Dwg.No.1/25)

Abstract (Equivalent): US 5524131 A

An X-ray exposure appts. using X-rays in synchrotron orbit radiation, the appts. comprising: a mirror unit comprising an X-ray mirror for diverging the X-rays in a desired direction, a first chamber for providing a predetermined vacuum ambience around the X-ray mirror and first supporting device for supporting the X-ray mirror; an exposure unit for exposing a wafer through a pattern of a mask to the X-rays from the mirror unit to form the pattern on a wafer, the exposure unit comprising a movable shutter, which is movable in the desired direction for controlling the exposure, and the movement speed of the shutter being controlled in accordance with an illumination distribution of the X-rays, a mask stage for holding the mask, a wafer stage for holding the wafer, a second chamber for providing a predetermined He ambience of a reduced pressure about the mask stage and the wafer stage, a frame assembly to which the mask stage and the wafer stage are mounted and second supporting device for supporting the frame assembly; beam duct device for guiding the X-rays from the mirror unit to the exposure unit; an X-ray transmitting window, disposed before the shutter, for providing a partition between the exposure unit

and the beam duct means and for transmitting the X-rays for  
introduction into the exposure unit.

" " " "

## ⑫ 公開特許公報(A) 平2-100311

⑬ Int.Cl.<sup>8</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 平成2年(1990)4月12日

H 01 L 21/027

7376-5F  
7376-5F

H 01 L 21/30

3 3 1 J

A※

審査請求 未請求 請求項の数 17 (全94頁)

⑮ 発明の名称 アライメント装置並びにこれを有するSOR-X線露光装置

⑯ 特 願 昭63-252991

⑰ 出 願 昭63(1988)10月6日

⑱ 発 明 者	鶴 澤 俊 一	東京都大田区下丸子3丁目30番2号	キャノン株式会社内
⑱ 発 明 者	刈 谷 卓 夫	東京都大田区下丸子3丁目30番2号	キャノン株式会社内
⑱ 発 明 者	肥 後 村 誠	東京都大田区下丸子3丁目30番2号	キャノン株式会社内
⑱ 発 明 者	水 澤 伸 俊	東京都大田区下丸子3丁目30番2号	キャノン株式会社内
⑱ 発 明 者	海 老 沼 隆 一	東京都大田区下丸子3丁目30番2号	キャノン株式会社内
⑱ 発 明 者	宇 田 幸 二	東京都大田区下丸子3丁目30番2号	キャノン株式会社内
⑱ 発 明 者	小 澤 邦 貴	東京都大田区下丸子3丁目30番2号	キャノン株式会社内
⑱ 発 明 者	雨 宮 光 陽	東京都大田区下丸子3丁目30番2号	キャノン株式会社内
⑲ 出 願 人	キャノン株式会社	東京都大田区下丸子3丁目30番2号	
⑲ 代 理 人	弁理士 丸 島 徹 一		

最終頁に続く

## 明 細 書

## 1. 発明の名称

アライメント装置並びにこれを有するSOR-X線露光装置

## 2. 特許請求の範囲

(1) 軌道放射光内のX線を利用するX線露光装置であって、

a) ミラーユニットと、前記ミラーユニットからのX線でマスクを介してウエハを露光する露光ユニットを有する；

b) 前記ミラーユニットは、所望の方向にX線を拡大するためのX線ミラーと、前記X線ミラーの周囲を所望の真空雰囲気とするための第1チャンバーと、前記X線ミラーを支持するための第1支持手段を有する；

c) 前記露光ユニットは、露光を制御するためのシャッターと、前記マスクを保持するためのマスクステージと、前記ウエハを保持するためのウエハステージと、前記マスクステージと前記ウエハステージの周囲を所望のヘリウム雰囲気

とするための第2チャンバーと、前記マスクステージと前記ウエハステージが取付けられるフレーム構造体と、前記フレーム構造体を支持する第2支持手段を有する；

ことを特徴とするX線露光装置。

(2) 前記第1支持手段は前記X線ミラーを前記第1チャンバーに対して独立に支持していることを特徴とする特許請求の範囲第(1)項記載のX線露光装置。

(3) 前記第2支持手段は、前記ミラーユニットからのX線に対して、前記フレーム構造体の姿勢を調整するためのアクチュエーターを有することを特徴とする特許請求の範囲第(1)項記載のX線露光装置。

(4) 前記シャッターは、前記第2チャンバーによってその周囲が所望のヘリウム雰囲気とされることを特徴とする特許請求の範囲第(1)項記載のX線露光装置。

(5) 前記第1並びに第2チャンバー間のビームダクトを第3支持手段で支持することを特徴とする

特許請求の範囲第(1)項記載のX線露光装置。

(6)軌道放射光内のX線を利用するX線露光装置であって、

a)ミラーユニットと、前記ミラーユニットからのX線でマスクを介してウエハを露光する露光ユニットを有する；

b)前記ミラーユニットは、マスクのパターン領域全体にX線が照射されるように、X線を所望の方向に拡大する；

c)前記露光ユニットは、前記ミラーユニットからのX線による露光を制御するためのシャッターと、前記マスクを保持するためのマスクステージと、前記ウエハを保持するためのウエハステージと、前記マスクステージと前記ウエハステージの周囲を所望のヘリウム雰囲気とするためのチャンバーを有する；

ことを特徴とするX線露光装置。

(7)前記露光ユニットは、前記マスク上のマークと前記ウエハ上のマークのXY面における位置関係を検出するための第1検出器と、前記ウエハス

テージは前記検出器が検出したθ方向のずれを補正するために移動し、前記ウエハステージは前記検出器が検出したX、Y方向のずれを補正するために移動することを特徴とする特許請求の範囲第(10)項記載のX線露光装置。

(12)前記露光ユニットは、前記ウエハステージの移動位置を検出するための、レーザー干渉計を用いて構成された検出器を有し、この検出器のレーザーヘッドとレシーバは前記チャンバーの外部に前記フレーム構造体によって支持されていることを特徴とする特許請求の範囲第(8)項記載のX線露光装置。

(13)X線による露光を制御するX線露光制御装置であって、

a)マスクのパターン領域全体にX線が照射されるようにX線を所望の方向に拡大するミラーユニットと；

b)前記ミラーユニットからのX線によるマスクを介したウエハの露光を制御するためのシャッターと、前記マスクを保持するためのマスクス

テージの移動位置を検出するための、レーザー干渉計を用いて構成された第2検出器を有することを特徴とする特許請求の範囲第(6)項記載のX線露光装置。

(8)前記第1検出器はZ方向における前記マスクと前記ウエハの位置関係も検出することを特徴とする特許請求の範囲第(7)項記載のX線露光装置。

(9)前記マスクステージと前記ウエハステージは、同一のフレーム構造体に取付けられていることを特徴とする特許請求の範囲第(6)項記載のX線露光装置。

(10)前記マスクステージはθ(=ω±)方向のみに可動軸を有し、前記ウエハステージはX、Y、Z、θ、ωX、ωY、の各方向に可動軸を有することを特徴とする特許請求の範囲第(9)項記載のX線露光装置。

(11)前記露光ユニットは、前記マスク上のマークと前記ウエハ上のマークのXY面における位置関係を検出するための検出器を有し、前記マスクス

テージと、前記ウエハを保持するためのウエハステージを有する露光ユニットと；

c)照射領域におけるX線の照度を計測するX線照度計と前記照射領域における各点の照度を計測するX線デテクターからの出力を処理し、前記X線照度計の出力を基準として前記X線デテクターの各点ごとの出力を補正することにより、前記照射領域の照度分布を検出する検出手段と；

d)前記シャッターの動作を前記検出手段が検出した照度分布に応じて制御するシャッター制御手段を；

有することを特徴とするX線露光装置。

(14)前記X線照度計は前記シャッターよりも前記ミラーユニット側に設けられ、前記X線デテクターは前記ウエハステージ上に設けられていることを特徴とする特許請求の範囲第(13)項記載のX線露光装置。

(15)前記X線照度計はX線の通路に対して可動に設けられていることを特徴とする特許請求の範囲

第(14)項記載のX線露光制御装置。

(15)マスクとウエハを所定の位置関係にアライメントし、X線を用いてマスクのパターンをウエハ上に転写するX線アライナーであって、

a)マスクのパターン領域全体にX線が照射されるようにX線を所望の方向に拡大するミラーユニットと；

b)前記ミラーユニットからのX線によるマスクを介したウエハの開光を制御するためのシャッターと、マスクを保持するためのマスクステージと、ウエハを保持するためのウエハステージと、前記マスクステージに保持されているマスク上のマークと前記ウエハステージ上の基準マークのXY面における位置関係を検出するための検出器を有する露光ユニットと；

c)前記検出器の出力に基づいて前記マスクステージに保持されているマスクのθ方向の傾きを測定する測定手段を；

有することを特徴とするX線アライナー。

(17)前記検出器は、前記マスクステージに保持さ

微細化リソグラフ技術の一つとして注目されてきた。しかしながら、従来では、小型で、高強度のX線源が存在しなかったため、このようなX線リソグラフ技術を利用した半導体素子製造用のX線露光装置を、半導体製造工場に導入することは困難であった。また、従来では、スループット等の量産性に対する要求にも答えられないのが現状であった。

ところが、近年になって、高強度なX線を発生する、常伝導あるいは超伝導磁石を用いた超小型のSOR(Synchrotron Orbital Radiation)リングが開発される状況になり、光量は主要な問題とはなくなってきた。

一般に、X線露光装置は、第2図に示すように、所謂プロキシミティ露光方式によってパターンの焼付けを行なう。マスク2は、X線透過率の高い数ミクロンの厚さの基板201と、この上にX線吸収率の高い材料によって転写すべきパターン状に形成された吸収体202と、基板201を支持する支持棒203とから構成されている。こ

れているマスク上のマークと前記ウエハステージに保持されているウエハ上のマークのXY面における位置関係を検出するものであることを特徴とする特許請求の範囲第(15)項記載のX線アライナー。

### 3. 発明の詳細な説明

#### 【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体素子製造用パターンを有するマスクと半導体ウエハを所定の位置関係にアライメントするアライメント装置、特に、マスクと半導体ウエハをアライメントした後、軌道放射光(SOR-X線)を利用して、マスク上の半導体素子製造用パターンを半導体ウエハ上のレジストに焼付ける半導体素子製造用のSOR-X線露光装置に関する。

#### 【従来の技術】

X線を利用した半導体素子製造用のリソグラフ技術は、1972年にSpearsとSmithによって"Electron.Lett.Vol.8,No4:p102,1972"に発表されてから、半導体素子の高集積化を実現するための

のマスク2を被加工物であるウエハ3に、正確に且つ安定的に、決められたギャップ距離(約数ミクロン)で対向させ、マスク2を介してX線1を半導体ウエハ3上に照射し、吸収体202によるパターンをウエハ3上に転写されているレジスト5に焼付け、転写する。

転写プロセスに関しては、第3図(a)に示されるスキャン露光方式、第3図(b)に示されるスキャンミラー露光方式、第3図(c)に示される一括露光方式が提案されている。スキャン露光方式は"J.Vac.Sci.Technol.B1(4)1984,P1271"で、また、一括露光方式は"IBM Research Report RC 8220,1980"で提案されている。

第3図(a)に示されるスキャン露光方式は、マスク2とウエハ3を所定の位置関係にアライメントした後、SOR光源4から発生しているシートビーム状のX線1にたいして、マスク2とウエハ3を一体的に図示矢印方向に移動させ、マスク2上のパターンをウエハ3上の所定領域に転写する。

第3図(b)に示されるスキャンミラー露光方式は、マスク2とウエハ3を所定の位置関係にアライメントした後、SOR光源4とマスク2の間に配置されたミラー301を、図示矢印方向に移動させることにより、露光範囲(転写すべきマスクパターンの全域)をSOR光源4からのX線1で走査し、パターン転写を行なう。

第3図(c)に示される一括露光方式は、SOR光源4とマスク2の間に、反射面が凸状に加工されたミラー302を配置し、このミラー302によってSOR光源4からのX線1を聚焦させることにより、X線1を露光範囲全体に同時に照射する。これにより、マスク2のパターンは、アライメント後、ウエハ3に転写される。

また、X線露光装置において、マスク2とウエハ3を所定の密閉雰囲気内に配置して露光を行なうことは、例えば、E. Spiller が "J. Applied Physics, Vol. 47, No. 12, p. 5450" で提案している。

これでは、温度の観点からHeガス雰囲気中に、マスク2とウエハ3を配置している。更に、本発

明は、各チャンバの間には、各チャンバ内の雰囲気と独立に維持するために仕切り弁(第4図(b)では、照射チャンバ405とメインチャンバ401の間の仕切り弁409のみを示している)が設けられている。

また、SOR-X線露光装置は、例えば "Proceeding of SPIE, Vol. 448, 1983, p. 104" で提案されている。この装置の概要を第5図に示す。この装置は鉛直方向に移動自在な所謂縦形ステージを有し、このステージでマスク2とウエハ3を支持した状態で、X線1による露光を行なっている。

〔発明が解決しようとしている問題点〕

ところで、半導体素子の集積度の目安とされるダイナミックランダムアクセスメモリ(以下、DRAMと記載する)を例に取ると、64メガビットのDRAMでは0.3~0.4 $\mu$ m(以下、ミクロンと記載)の線幅、100メガビット以上のDRAMでは0.25ミクロンの線幅のパターン焼付けを可能にする露光装置が必要になる。

しかしながら、0.25ミクロン以下の微細な

発明者の一部は、先に特開昭60-178627号公報で、X線管球によるX線露光装置において、ステージ装置、マスク・ウエハ搬送装置、アライメント装置等のそれぞれを、複数の密閉雰囲気内に配置することを提案している。

以下、第4図(a)、(b)を用いて、前述の特開昭60-178627号公報に示されている装置の概要を説明する。この装置において、ウエハは、ウエハロードカセット収納チャンバ402の中に、カセットに挿入された状態で設置される。露光されたウエハは、ウエハアンロードカセット収納チャンバ403内のカセットに収納される。転写すべきパターンが形成されているマスクは、カセットに挿入された状態で、マスクカセット収納チャンバ404内に設置される。

マスク及びウエハは、メインチャンバ401内で、第4図(b)に示される電子ビーム装置411によって相互にアライメントされた後、一体的に支持された状態で照射チャンバ405内に移動され、X線管410を光源とした露光が行なわれ

パターン焼付けを可能とする露光装置は、未だ実現されていないのが現状である。このような微細なパターン焼付けを可能にする露光装置を実現するためには、(1)マスク及びウエハを安定的に維持するための環境制御技術、(2)ゴミ等のコンタミネーションを排除するための装置技術、(3)パターン転写範囲を均一に露光するX線露光技術、(4)1/100ミクロン台の精度と1/1000ミクロン台の分解能を達成するアライメント技術、等の各技術を確立する必要がある。

本発明の目的は、64メガビットないしはそれ以上の集積度を有する半導体素子の製造プロセスで使用され、そのプロセスの要となる半導体素子製造用の露光装置を提供することにある。

本発明の他の目的は、SOR光源からのX線を使用して、マスク上に形成されている微細なパターンを半導体ウエハ上のレジストに焼付けることを可能にするSOR-X線露光装置を提供することにある。

本発明の更に他の目的は、上述の(1)~(4)の

各技術を確立し、SOR-X線露光装置に採用することにある。

【問題点を解決するための手段並びに作用】

上述のように、0.25ミクロン程度のパターン線幅を有する半導体素子の製造を実現するためには、露光装置に要求される精度は非常に高い。半導体露光装置に要求される精度の代表的な項目である重ね合わせ精度の要因と、その標準的な割り振りを第1表に示す。

(以  白)

第1表 (単位: ミクロン)

項 目	要求精度
マスク製造歪	0.025
ウエハプロセス歪	0.025
ステージ精度	0.025
アライメント精度	0.025
光学系精度	0.025
その他露光装置内歪	0.025
重ね合わせ精度	0.06

その他の露光装置内歪には、マスクとウエハの熱による歪が含まれる。第1表からも明らかな様に、露光装置内で許されるマスクとウエハの歪、特に露光中に許される歪は、高々0.01ミクロンである。

次に、第6図(a)、(b)を用いて代表的なSOR光源4の性質を説明する。第6図(a)におい

て、SOR光源4は電子の軌道で象徴的に示されている。このSOR光源4から、相対論的な速度まで加速された電子の制動輻射によって、発生するX線1の強度プロファイル(以下、X線強度プロファイル)は、鉛直方向Vには高々数ミリラジアンを発散角を持ったガウス関数状の、また、水平方向Hには電子の軌道を見込む長さに応じた略均一な強度の台形状のものとなっている。このX線強度プロファイルは、例えば第15図に示されるX線ディテクタ1551によって、露光時にマスクとウエハが存在する露光領域で測定したものである。

本発明で、SOR-X線リソグラフに用いる波長は例えば5~15オングストロームの波長域である。また、上述の様に相対論的な速度まで加速された電子のエネルギーは略0.5~1.0ギガエレクトロンボルト(GeV)である。第6図(b)に、SOR光源4とマスクの間に、X線反射ミラーとベリリウム(Be)窓を配置してX線露光装置を構成した場合の、露光ビームパスの各点、

即ち、SOR光源4側から順に、ミラー入射直前、ミラー入射直後、Be窓表面、マスク表面、レジスト表面におけるSORの各波長ごとの分光強度特性を示す。この図から、SOR-X線リソグラフには5~15オングストロームの波長域を使用するのが適していることが理解できる。同様に、SORは連続スペクトルを持つことも理解できる。

第7図(a)にマスクの基板201の材料に無機材料を用いた例を、また第7図(b)に有機フィルム材料を用いた例を示す。第7図(a)の例では、支持枠203に接合された基板201はシリコンウエハで構成され、吸収体パターンが形成されるパターン部701に例えば窒化シリコンが層状に堆積される。もしくは、シリコンウエハがエッチングによって薄層化される。この場合、パターン部701での基板の厚さは略2ミクロン程度である。また、第7図(b)の例では、2~10ミクロンの有機フィルムが支持枠203に接合される。有機フィルムには例えばポリイミドフィルム

が使用される。

第2図で概念的に示したプロキシミティ露光方式では、露光時、マスクとウエハの間の距離（以下、プロキシミティギャップと記載する）は、概略10～50ミクロン程度に設定される。この方式において、マスクとウエハの間の雰囲気それぞれ真空、空気、ヘリウム（He）とした際の、第7図（a）の酸化シリコンマスクと第7図（b）のポリイミドマスクの温度上昇の程度を第2表に示す。

第2表（単位：度）

雰囲気 媒体	酸化シリ コンマスク	ポリイミ ドマスク
真空	～80	～80
空気	1.17	1.18
He	0.343	0.351

この表では、マスク面上でのX線強度を120

ァンミラー露光方式）の違いを説明する。第8図（a）はパターン部701全体にX線1が同時に照射される一括露光方式を示す。第8図（b）はこの方式によって生じるマスクの歪の様子を示す。第9図（a）はシートビーム状のX線1がパターン部701を順に走査するスキャン露光方式を示す。第9図（b）はこの方式によって生じるマスクの歪の様子を示す。ところで、SORから発生するX線は、鉛直方向の広がり非常に小さいから、例えば露光位置をSOR発光点から10メートルの距離に設定しても、X線強度プロファイルの半値幅は概10ミリメートル程度にしか成らない。従って、スキャン露光方式（スキャンミラー露光方式も同様）では、露光時間を一括露光方式と同じにするためには、マスクに照射するX線の強度を一括露光方式に比べて数倍にしなければならない。これはマスクの歪を大きくする。

第3表に一括露光方式とスキャンミラー露光方式の上昇温度とマスクの最大歪の比較例を示す。この表では、ウエハチャック1807（第18図

mW/cmとし、真空雰囲気での照射率を0.5としている。現在提案されているレジスト材料の感度が、単位平方センチメートル当たり数ナノジュールから百ナノジュールであり、マスク基板材のX線透過率が略50%程度であることを考慮すると、上記の設定は妥当な値である。

この表からも明らかな様に、マスクの熱歪を防止するためには、マスクとウエハの間をHe雰囲気とするのが良い。従って、本発明では、マスクとウエハをHe雰囲気チャンバー内に位置させた状態で、両者のアライメント並びに露光を行なう様にしている。また、マスクとウエハをチャンバー内に配置することにより、ゴミ等のコンタミネーションの問題も解決可能にしている。更に、本発明は、このような場合にも、真空中と同様にX線透過率が安定するように、チャンバー内の熱伝導媒体としての気体の温度、圧力、純度を高精度に管理している。

次に、第8図（a）、（b）と第9図（a）、（b）を用いて、一括露光方式とスキャン露光方式（ス

参照）をアルミナ（Al：0.5mm厚）とし、その裏面温度を一定として比較した。また、スキャンミラー露光方式に関しては、ミラーの振動の周波数をパラメータとした。

第3表（単位：度、ミクロン）

露光方式	酸化シリ コンマスク		ポリイミ ドマスク	
	温度	最大歪	温度	最大歪
スキャンミラー 0.5Hz	1.34	0.016	1.40	0.094
8Hz	1.22	0.015	1.22	0.082
1000Hz	0.343	0.0084	0.351	0.046
一括	0.343	0.0084	0.351	0.046

この表からも明らかな様に、マスクの歪を許容値（0.01ミクロン）以下にできるものは、一

一括露光方式もしくは高周波数でのミラー揺動を前提にしたスキャンミラー露光方式のみである。また、マスク基板材として、通常のポリイミドフィルムは使用できないことがわかる。しかしながら、数十Hzを超える周波数でミラーを揺動させることは、ミラー301（第3図（b）参照）が10<sup>-6</sup>トール程度の高真空中に配置されていることを考慮すると、実現が非常に困難である。また、マスクとウエハを一体的に移動するスキャン露光方式では更に困難である。

従って、本発明では一括露光方式を採用した。

ところで、露光装置には、パターン線幅の精度として、最小焼付線幅の5〜10%が要求される。0.25ミクロンの最小焼付線幅を実現する露光装置においては、これが0.012ミクロンとなる。このことから、露光領域（パターン部701）全体でのX線照度もしくは露光領域全体での露出量の均一性は、 $\pm 2.5\%$ 程度が必要となる。一方、SOR-X線の強度プロファイルは、前述の様に、鉛直面内ではガウス関数的であ

るから、一括露光方式で露光領域全体の露出量の均一性を $\pm 2.5\%$ 程度とするのは容易ではない。照度を露光領域全体で均一にする方法では、ガウス分布の中心部分のみを使わざるをえず、X線エネルギーの使用効率が悪い。

本発明は、このような問題を解決するために、第10図（a）、（b）に示す露光システムを採用した。この露光システムは、X線ミラー1002にSOR光源内の発光点1001からのX線を低グランシング角で入射させ、このミラー1002で反射されたX線をマスクに照射する。このミラー1002は、露光領域内でのX線強度プロファイルの最小照度が、与えられた露光装置の設置条件の中で最大となる様に設定されている。第11図にこの例の露光領域でのX線強度プロファイルを示す。露光領域の中心部と周辺部の照度が大きく異なっている。この露光システムでは、露光領域での照度分布は、 $\pm 10\%$ 程度異なっていることもある。そして、この露光システムは、この補正ムラをシャッター機構1003で補正しながら露

光を行ない、露光領域全体で均一な露光を行なう。第10図（b）でこのシャッター機構を簡単に説明する。駆動ドラム1009とアイドラドラム1011の間のスチールベルト1009には、先エッジ1004と後エッジ1005を有する長方形のアーチャ1012が形成されている。Y軸はSOR-X線の光軸と垂直な方向であり、略鉛直方向である。t軸は時間を示している。また、曲線1006は先エッジ1004の軌跡を示し、曲線1007は後エッジ1005の軌跡を示している。このシャッター機構はY軸上の各点で露光時間 $\Delta T(y)$ が第11図の照度プロファイルに対応して異なる様に駆動ドラム1009を動作させる。これにより、露光領域全体で、露出量（=露光時間×照度）を一定にしている。

前述の“Proceeding of SPIE, Vol. 448, 1983, p104”に開示されている露光装置（第5図参照）は、SOR光源からのX線の通過経路が一旦ベリリウム窓で仕切られた後、マスクを介したウエハ

の露光が大気中で行なわれる。第12図に大気とHeの熱伝導率の圧力依存性を示す。この図から、同じ圧力なら、Heよりも空気のほうが熱伝導率が小さいことが分かる。従って、第2、3表で前述したマスクの歪を考慮すると、この様な大気中の露光では本発明の目的を達成するのは困難なことが理解できる。そこで、本発明では、前述した様に高精度に温度、圧力、純度が管理された密閉He雰囲気での露光を採用している。また、これ以外に、SOR-X線光源に対応する幾何（鉛直方向）搬送機構と縦形露光ステージを採用すると共に、完全密閉雰囲気内のマスクおよびウエハの搬送を採用した。これにより、SOR-X線露光装置において、高スループットと、パーティクル（ゴミ）とコンタミネーションの影響を小さくすることを可能にしている。

マスクとの位置関係の安定性が最も重要である。との認識から、ウエハステージを $\theta$ 軸(X, Y, Z,  $\theta$  ( $=\omega$ ),  $\omega$ ,  $\omega$ )制御し、マスクステージは $\theta$ 制御のみとしている。これにより、マスクステージの高精度化を達成している。

なお、本発明において、マスクステージを $\theta$ 方向に回転可能としているのは、ウエハをステップアンドリビート露光するためのウエハのX, Y軸に関する移動方向にマスクの向きを合わせるためである。また、本発明は、この所謂マスクアライメントを正確に行なうことを可能とするために、ウエハステージ上に基準マークを設け、この基準マークを用いてマスクアライメントを行なっている。



ステージの位置制御を行うための計測光学系1312、ウエハ3とマスク2の相互位置ズレを測定するためのブリアライメントシステム1307、ファイナライメントシステム1302、ウエハ3に適切なX線露光量を与えるための露光シャッター装置1308、ウエハ3を供給あるいは回収するためのウエハ供給回収装置1303、ウエハ3を搬送するためのイジエクター1304、ウエハトラバーサー1306、ウエハ3の結晶方位を識別させるためのオリフラ検知ステージ1305、マスク2を収納するためのマスク収納装置1310、マスク5をマスクカセット1310から出し入れするためのマスクカセットローダー1309、マスク3をマスクカセット1310とマスク $\theta$ ステージ1999(第19図参照)の間で搬送するためのマスク搬送装置1311などが収納されている。第84図に示す如く、メインチャンバーは除塵ベース8405に図着されている。除塵ベース8401には3個のエアーサスペンション8402~4が図着しており、エアーサスペンション8402~4の一端は除塵架台8401に固定してある。除塵架台8401は前述の除

#### (実施例)

第1図に本発明の一実施例を示す。図中、4はSOR光を発生させるための電子加速器、あるいは、電子蓄積リング(以下SORリングと略す)であり、その電子軌道は、地面に対して水平に設置されている。図では、SOR光の出射窓は一つであるが、2つ以上の出射窓を備えていても良い。ミラーユニット101はSORリング4と露光ユニット102の間に設置してあり、内部にSOR光を所望の径がり寸法に変更するためのX線ミラー1401(第14図参照)を収納してある。また、X線ミラー1401の周辺は $1 \times 10^{-4} \sim 1 \times 10^{-7}$  Torr程度の真空中に排気してある。ビームダクト120はSORリング4とミラーユニット101の間を $1 \times 10^{-4} \sim 1 \times 10^{-7}$  Torr程度の真空中を保ちながら接続している。

露光ユニット102は内部を純度99.99%程度以上の高純度なヘリウム(He)で満たしたメインチャンバー3101(第31図参照)でおおわれており、第13図に示す如く、その雰囲気の中に、マスク2やウエハ3を保持するためのステージ装置1301、

駆動ベース8405やメインチャンバーを支持するための強固な構造体である。除塵架台8401の下部には空気を吹き出し、その圧力によって床面より浮上させる流体ベアリング(不図示)が取り付けられている。流体ベアリングは、露光ユニット全体の設置調整の時、床面に対する摩擦抵抗を減少するので、微少な位置決めを可能にする。

ミラーユニット101と露光ユニット102の間にはビームダクト121が配置されている。このビームダクト121内には、第35図に示す様に、仕切弁3516、3517、ベリリウム窓3512が配置され、各ユニット101、102を気密遮断可能な状態に接続している。ビームダクト121の途中は支持台123で床に設置してあり、またミラーユニット101とベリリウム窓3512の間に設置した真空排気ポンプで $1 \times 10^{-4} \sim 1 \times 10^{-7}$  Torr程度の真空中に排気してある。

電気制御ユニット103はミラーユニット101、露光ユニット102、低温制御ユニット104、排気ユニット105、給気制御ユニット106の制御や操

作入力率として作用し、SORリング4との協調信号の授受、不図示の作動重出入口扉との保安信号の授受等を行う。恒温制御ユニット104はミラーユニット101や露光ユニット102などの発熱部品に対して熱流体を流通させる事で、それら部品からの発熱を吸収し、前述装置群の温度を一定に保つ作用を行う。排気ユニット105は、露光ユニットの排気を行い、また、ミラーユニット101、排気ポンプ122の制御を行う。排気制御ユニット106は、ミラーユニット101や露光ユニット102で利用される高圧空気、重炭ガス、ヘリウムなどの制御を行う。

以上が本発明の構成ユニットの作用についての簡略な説明である。以下にユニット化構成にする効果を説明する。SORリング4から放射されるSOR光の内のX線を用いた露光方法を考える場合、詳細は後述するが、X線の拡がりや制御のためのX線ミラー1401の役割は重要であり、X線ミラー1401無しでSOR-X線による露光は困難である。X線ミラー1401の役割のうち、重要な点は、露

光に必要な波長のX線を選択できる。必要なX線強度分布を作り出す、また、適切なX線束を作り出す事でSORリング4と露光ユニット102間の距離を短くできるなどである。露光に必要な波長を選択する事で、マスク2のコントラストを確保でき、必要なX線強度分布を作り出せる事で熱的に寸法変化を生じない露光系が得られる。また、発散角を制御する事で実用的なSORリング4と露光ユニット102間の寸法が得られる。要約すれば、X線ミラー1401を用いる事で実用的なSOR露光システムが得られると言っても過言ではない。

SOR光を用いた露光システムを構成するためにSORリング4自体が露光システムに与える影響を考えてみる。一般的に、SORリング4の外径寸法は2m〜数10m程度ありその重量は数十〜300tに及び、従って、露光システムはSOR光の出射方向に拘束され比較的自由に移動しながら位置を調整する必要がある。また、SORリング4の周囲には数十cm程度の厚さの放射線遮断壁が設けられる。

露光システムを考える場合、この壁は、SOR

リング4に近い程、浮遊放射線から遠ざかったと同等な効果が得られるので、都合が良いと考えられる。現状のSORリングに於いては、この壁の位置がSORリングに近く接近しているものから、数m先方に設置されるものまでさまざまである。従って、露光システムに於いては、この壁がSORリング4とミラーユニット101の間、あるいはミラーユニット101と露光ユニット102の間のいずれに有って使用可能とすべきである。このような観点から、ミラーユニット、露光ユニット、電気制御ユニット等にユニット化する事で実用可能な露光システムが製作できる事が判った。以上がSOR光を用いた露光システムを構成するために必要な装置構成上の説明である。

次に、個々ユニットについて大まかな達成手段について述べる。

ミラーユニット101は、真空中に直接SORリング4上に連結する必要があるため、露光ユニット102とは独立した真空排気系を持つ。ユニット全体はSOR光に対して6軸(X, Y, Z,  $\theta$ ,  $\omega_x$ ,  $\omega_y$ )

方向に位置合わせする必要がある。位置合わせの動作のうち、ミラーユニット101全体をX及びZ方向に移動できるようにユニット底面に流体ベアリングを用いる。Y方向及びX, Y, Z軸に対する回転運動はX線ミラー1401に直結するミラー姿勢調整装置1406(第14図参照)で行う。直接、SOR光を受けるX線ミラー1401はその取付部付近に恒温液媒を流通する事で熱的な変形から逃れる。また、X線ミラー1401とSORリング4の間にはアパーチャ1409(第14図参照)を入れ不要なX線照射によるダメージから逃れるようにする。

露光ユニット102はSORリング4やミラーユニット101のSOR光軸に対して、ミラーユニット101と同様に、6軸方向に位置合わせする必要がある。このため、ユニットの底面に流体ベアリング受を装着し、露光ユニット102のX, Z方向及びY軸回り回転( $\omega_y$ )に関する移動を容易にしてある。X及びZ軸回りの回転( $\omega_x$ ,  $\theta$ )運動やY方向の運動及び位置決めは、第84図に示すエアサスペンション8402〜8404の圧力調整で行う。以

上が本ユニットの設置、調整に関する説明である。

本ユニット102には、SOR光が導入されるので、これが原因で生ずる問題解決手段が必要である。ユニット102の構成要素のうちメインチャンバー3101(第31図参照)の内部を真空にできればある意味で問題は無いが、後述するように、マスクの発熱に対処するためメインチャンバー3101内を真空にする事はできない。従ってSOR光とりわけX線を吸収する割合が低い事が判っているヘリウム(または、水素でも可能である)を充填する必要がある。これにより、真空とヘリウムを分離するためのX線導入窓が必要となった。X線導入窓はベリリウムが適切である。ヘリウムやベリリウムのX線吸収は、露光エネルギーの減少を招くので、この損失を最少限度にすべきである。この要領の意味はヘリウムはできるだけ圧力を下げる、ベリリウムはできるだけ薄くすると云う事である。ヘリウムの圧力は伝熱特性やX線が通過する距離から求められる。

後述する理由で、ヘリウムの圧力は100~200Torr、

0.001 $\mu$ m~0.01 $\mu$ m程度以下にする必要がある。少なくともウエハ3の設置される場所の温度変化は0.01℃~0.1℃以内に維持する事が必要である。従って、本発明では、ウエハの設置場所やその寸法管理が必要となる部分については、恒温流体を流通する事で、この問題の解決を計っている。また、露光システムにおいては、ウエハ上の所定の位置にマスクパターンを転写する必要があり、その位置決めの再現精度は、0.02 $\mu$ m~0.05 $\mu$ m程度が望まれている。この問題を解決する有効な手段はマスクとウエハを機械的に強固に案内あるいは相互固定する事であるが、この両者の間の機械剛性には限りがある。両者の相互位置ズレは構成部材の温度変化あるいは外部からの振動などによる変形によって生ずるものである。

温度変化に対しては前述の恒温手段で対応できる。外部からの振動については、第84図に示す、懸架ベース8405と懸架平台8401の間に設けたエアサスペンション8402~8404の作用によって振動の伝達を分析する構造で対処できる。当然、

その純度は99.99%程度とすべきである。ベリリウムの厚さは、ヘリウムの圧力と、その周辺の装置構成で定まる。後述するようなガス制御系あるいは排気系を用いるとその厚さは20 $\mu$ m程度にする事ができる。また、この時、X線が通過する距離は30cm以下程度にすべきである。ヘリウムの純度を維持するためにはメインチャンバー3101内部を真空に排気(圧力 $1\times 10^{-4}$ Torr程度)した後、ヘリウムを導入し置換する必要がある。その後メインチャンバー3101の内部に流入する不純物ガスは最少限度に止め、その漏れ込み量に対して前述の純度が保てるようにヘリウムを流し続けられるよう給気制御ユニットを用いる必要がある。以上が露光雰囲気形成方法に関する説明である。

次に精度の獲得手段について述べる。本露光システムでは、ウエハ上に30mm口径程度の面積に対して露光する必要がある。一般的なシリコンウエハの熱膨張係数は $4\times 10^{-6}$ /℃程度である。30mmの長さで温度変化1℃に対する寸法変化は0.12 $\mu$ m程度となる。露光システムでは、この変化を

X線ダクト121と露光ユニット102の間には、ベローズの如き、軟らかい部材を用いてダクト121から露光ユニット102に振動が伝達して来る事を防止する構成にしてある。以上が装置精度獲得のため用いられた手段の説明である。

SOR光とりわけX線を用いた露光システムの構成方法の概略説明を以上で終る。なお、以下に本発明の露光システムについて詳細な設計方法や装置内容を説明する。

第13図は露光ユニット102の内部構造を説明する図である。この図では、X線を運送するベリリウム窓3512(第35図参照)からSORに対して下方の部分を示している。

本装置の目的は、マスク2上に設けた転写パターンを、ウエハ3上のレジストに所定の位置合わせを行いながら、X線を用いて焼付け転写する事である。また、転写パターンは30mm四方程度の面積であって、一方、ウエハは直径数十mmから直径数百mm程度有るので、焼付け露光は所謂ステップアンドリピート露光を採用し、複数回に分けて焼

り差し行う必要がある。この時、マスク2とウエハ3の位置合せ精度は $0.01\mu\text{m}$ ~ $0.05\mu\text{m}$ と云った要求があり、言うまでもなくこの数字は小さい程良い。また、1枚のマスクの転写パターンが、ウエハ上に複数回露光される事から転写パターンにゴミやキズ等の欠陥を生ずる事は許容されない。複数回の露光を行うため、マスク2とウエハ3の位置合せ動作や、露光以外のため消費される時間は、必要最小限にする必要がある。従って、本装置を構成するため特に留意されるべき点は、高精度の確保、ゴミを発生しない、ムダ時間を生じない等の合理的なマスク2とウエハ3の搬送装置を提供することである。

前述留意点に配慮して構成された露光ユニット102の内部構造について説明する。

ステージ装置1301の主な機能は、ウエハ3やマスク2を保持、あるいは位置決めする事であり、露光ユニット101を構成するための中心的部材である。本ステージは、SOR光の光軸に対してウエハ3を垂直に維持しながら、 $0.01\mu\text{m}$ 以下の位置決

め分解能を持って、ウエハ3を3次元(X, Y, Z)的に移動する。ステージはゴミや発熱、振動を最少限度にすべく、流体軸受室内と弾性リンクによる移動室内で構成してある。駆動手段や流体軸受室内等、温度変化を生ずる部分については、その周辺に恒温流体を流通する事で温度変化を生じない構造にしてある。また、本装置1301には、その他の構成サブユニットが取り付けくので、マスクとウエハ間の隙性を最低固有振動数で200~300Hzの周波数に設計してある。

ファインアライメントシステム1302の主な機能はウエハ3とマスク2の相互位置を検出する事である。ファインアライメントシステム1302は、ウエハ3とマスク2の相互位置を3次元(X, Y, Z)的に検出する光学装置(詳細は後述する)と、その光学装置を移動する手段で構成され、露光X線をさえ切る事なく露光X線束の周囲に設置されている。また、ステージ装置1301に取り付けてある。本システム1302はステージ装置1301上に有って、マスク2に近接しているため、ファインア

ライメント用照明光源、電気回路、駆動アクチュエータなど発熱する部分周辺には恒温流体を流通し、温度変化を生じない構造にしてある。

ブリアライメントシステム1307の主な機能は、搬入されたウエハ3のステージ装置1301に対する位置を測定する事である。このブリアライメントシステムによって、ウエハ3のステージ装置1301に対する6軸(X, Y, Z,  $\theta$ ,  $\omega_x$ ,  $\omega_y$ )方向の位置が測定される事で、ファインアライメントシステム1302の測定時間を短縮できる。また、ブリアライメントシステム1307の測定値によって、ウエハ3がマスク2に衝突しないようステージ装置1301を制御する事が可能になる。本システム1307は、ステージ装置1301の上面に取り付けてあり、発熱部品周辺には恒温流体を流通し、システムの作動による温度変化を生じないようにしてある。また、光源は、大きな発熱体であり、かつ比較的消耗しやすいので、ブリアライメント用光源を容易に交換できるよう、また発熱の影響が最少となるようメインテナンスバー3101の外側に設置し、オ

プティカルファイバーを用いて必要なスペクトルのみで装置内に導入している。

露光シャッター装置1308の主な機能は、X線を遮断あるいは通過させる事で露光エネルギーを制御する事である。ところが、本露光システムに於いては、SORリング4から放射されるX線をミラー1401(第14図参照)で必要な形状に整形して露光している。この時SOR光の放射特性からY軸方向に強度ムラが発生する事を許容した方が、SOR光の利用効率が高い事は前述した。従って、Y方向の強度ムラを平均化させる手段として、露光シャッター装置1308は有効に作用する必要がある。

前述の理由により、シャッター形態をフォーカルプレーンとした。また、露光シャッター装置1308が作動する時は、ウエハ3とマスク2は $0.01\mu\text{m}$ オーダーで位置合わせが成されて居るため、振動の発生は極力避けるべきである。従って、シャッター駆動(第15図に示すスチールベルト1513, 1517)はエンドレスの帯状とし、両側重等による振動の

発生を最小にする構造にしてある。また、取付け場所もメインチャンバー3101の壁とする事で、マスク2とウエハ3の位置合せ精度におよぼす影響を最少限にしてある。本装置1308でも熱が発生する部分には、恒温流体を流通し、温度変化を生じない構造にしてある。

オリフラ検知ステージ1305の主な機能は、搬送路上のウエハ3の結晶方向やウエハ3の中心位置を計測し、ウエハ3の回転方向やステージ装置1301に対するウエハの中心位置を所定の位置に定める事である。このステージ1305はX及びY方向に独立して移動可能な複数の直線ステージと、そのいずれかのステージに設置された回転ステージ（回転ステージはウエハを挟着保持できる手段を有する）と、ウエハの端部位置の寸法を計測可能な光学装置で構成してある。ステージ1305はステージ装置1301に対する相互位置関係が重要なため、ステージ装置1301に直接取り付けられている。また、駆動アクチュエータなどの発熱部品に対しては、恒温流体を流通させる事で温度変化を生じない構造

ことである。イジエクター1304は、ウエハを挟着保持するハンドのウエハ保持面を水平から垂直に、あるいは、その逆に動かす事が可能であり、そのハンドはX（又はZ）方向に移動可能であり、かつY軸の回りに旋回する事ができる構造にしてある。イジエクター1304はチャンバー3101の壁面に取り付けてある。また、発熱部品は恒温水を流通する事で、温度変化を生じない構造にしてある。

ウエハ供給回収エレベーター1303の主な機能は、ウエハの入ったウエハキャリア、又は、空のウエハキャリアを上下（Y軸方向）にステップ運動し、ウエハの供給又は回収をする事である。ウエハ供給回収エレベーター1303は、後述の如く、ゲート弁で仕切られたチャンバーに取付ける。この時、ゴミに対する配慮から駆動部分は大気中に設置する。

マスクカセット1310はマスクを20枚収容可能な収納チャンバーである。マスクカセット1310は、マスクが大気に触れないよう気密構造にしてある。

にしてある。

ウエハトラバーサ1306の主な機能は、オリフラ検知ステージ1305からステージ装置1301まで、ウエハを搬送（あるいはその逆）する事である。ウエハトラバーサ1306はオリフラ検知ステージ1305上及びステージ装置1301のウエハ着脱位置でZ方向に作動し、また、オリフラ検知ステージ1305からX方向に作動する。複数のウエハハンドは供給と回収のそれぞれ専用であり、両者は相互にX軸に関して逆方向に移動する。ウエハトラバーサ1306の各ハンドは、ステージ装置1301上で定まった位置に停止する必要があるため、ステージ装置1301の部材に直接取り付けられている。また、駆動アクチュエータ等の発熱部品には恒温流体を流通して温度変化を生じない構造にしてある。

イジエクター1304の主な機能は、ウエハ供給回収装置1303上に設置されたウエハキャリアに対してウエハ3を取り出し又は収納し、また、ウエハ3をオリフラ検知ステージ1305に対して着脱する

マスクカセットローダー1309の主な機能は前述マスクカセット1310を保持し、マスクカセット1310を開き（または閉じ）、指定されたマスクをマスク搬送装置1311が授受できる位置に設定する事である。マスクカセットローダー1309は、後述の如く、ゲート弁で仕切られた容器に直接取り付けられている。

マスク搬送装置1311の主な機能は、マスク2をマスクカセット1310とマスクチャック1903（第19図参照）の間で搬送する事である。マスク2は破損し易いので、衝撃を発生しないよう、また揺動などによるゴミを発生しない様、また、特にマスクチャック1903に設置する場合、マスク2に機械的な変形を与えない等の点に配慮してある。以上の配慮すべき諸点を解決するために最も重要な点は、マスク2を保持するハンドの軌跡を強力正確にする事である。ハンドはX方向に移動可能な移動台の上でZ軸回りに旋回する。この時、左右の回転停止位置でストップピンに定圧押し当てを行う。X軸方向の運動に対しては、光学的な位置検出と、

精細な通りの得られる駆動を行う等の手段で、正確な運動軌跡を得ている。

計測光学系1312の機能は、ステージ駆動ステージ1899(第17図参照)の位置を計測する事である。計測光学系1312は、ステージ装置1301のメインフレーム1701(第17図参照)を測定基準点にし、マイケルソン干渉計を基本としたレーザ光源による干渉測定器を有している。この計測光学系1312では、レーザ光源と受光器をメインチャンパー3101の外部に設置している。途中の光学窓はメインチャンパー3101に対して気密状態で取り付けられている。レーザ光源、受光器共にメインフレーム1701に直接取付ける事で光軸の機械的歪みから逃れている。

以上が露光ユニット102を構成するサブユニット類の機能と代表的な構造の説明である。次に前述のサブユニット類の構成について特徴を述べる。

Z方向に関して、ステージ装置1301のマスクθステージ1999の後方がマスク2のパターンをウエハ3に転写する位置である。本装置では、この転写

する位置で最も精度が得られる構成が望まれる。この場合、重要な精度はマスク2とウエハ3の相互の位置関係であり、これが最も少なくなるべきである。これに影響を与える誤差要因は種々考えられるが、精度向上のためには、先ず計測光学系1312の安定度を確保する事が重要である。また、ステージ装置1301のY方向案内軸の中央付近に、この転写位置が来ないように配置すると、ステージの剛性が高まるので、この転写位置をY軸方向に関してステージ装置1301の可能範囲の中央より上方に設定している。こうした事で、計測光学系1312の干渉計からステージの位置計測用ミラーまでの距離を短くする事が可能となり、チャンパー内雰囲気は計測精度に及ぼす影響を軽減できる。また、ステージの動作距離はY軸の方をX軸のそれより長くなるようにしている。これは、Y軸方向については、カウンタバランスやモーメントバランスを取り易い点を配慮したためである。

このような観点から、ステージ装置1301の形状はY軸方向にタチ長とし、フレーム1701(第

17図参照)の図示上面(Y軸方向に関して上方の面)に計測光学系1312を設置した。また、転写位置は許容される限り、図示上方に設定した。このような配置にする事で、マスク2やウエハ3の上方に可動部品が少なくなり、ゴミの落下などの問題がなくなった。また、このような配置により、マスク搬送装置1311、オリフラ検知ステージ1305、イジェクター1304、ウエハドライバ1306等は必然的に転写位置に対して、図示下方に設置される事になり、これらサブユニットからの発塵に対して有効な配置を導く事が可能となっている。

最後に、この図において、2604はAAフレームである。AAフレーム2604はメインフレーム1701とマスクθステージ1999やファインアライメントシステム1302の間を連結する構造部品である。

第14図はSORを鉛直方向に拡大し、露光領域を一括に照射するための照明光学系の一部の実施例を示した図である。1401はSORを鉛直方向に拡大する凸のシリンドリカル面を反射面としているX線ミラーである。X線ミラー1401はSiCあ

るいはSiO<sub>2</sub>、あるいはSiCやSiO<sub>2</sub>上に構成された、Au、Pt等の膜を材料として、その反射面が構成されており、露光に供するX線の波長の領域で、反射率が十分大きくなるように、高精度に加工されている。1402はX線ミラー1401を支持するミラー基台であり、1404はミラー基台1402中に設けられた放熱流路である。流路1404には温度管理された放熱液を循環させる。SORはX線ミラー1401の反射面で一部吸収され、そのエネルギーは熱になる。

1413は例えばインジウム等の薄層によってなる熱結合材であり、X線ミラー1401の反射面の裏面とミラー基台1402のミラー支持面との間にはさまれ、それぞれの面に密着している。これによって、X線ミラー1401からミラー基台1402への伝熱抵抗が小さくなり、SORの吸収による熱を、放熱流路1404中を循環する放熱液にスムーズに流すことによって、X線ミラー1401の温度上昇を小さくする。

1403はX線ミラー1401をミラー基台1402に

押圧しているミラー保持部材である。1414はX線ミラー1401を抱いたミラー基台1402を支持する支持部材であり、内部にミラー基台1402に設けられている放熱流路1404に流れる管が設けられている。1405は金属製のベローズであり、一方は真空チャンバー1408、他方は支持部材1414に連結されている。1408は放熱の自由度を有するX線ミラー1401の姿勢調整装置であり、支持部材1414と堅固に結合される。ベローズ1405は、ミラー姿勢調整装置1406によってX線ミラー1401を移動調整する際に、真空チャンバー1408と支持部材1414との相対的な変位を吸収する。

1407はミラー姿勢調整装置1406を堅固に支持するフレームである。真空チャンバー1408とフレーム1407はそれぞれ独立に不図示の台の上に固定されており、大気圧や温度の変動に起因する真空チャンバー1408の変形はX線ミラー1401の姿勢に影響をおよぼさない。従って、真空チャンバー1408の剛性を小さくすることができ、重量を低くすることができる。1411は真空チャンバー

1408内を高真空に維持する排気ポンプ1412に繋がる排気ポートである。

1409はSORが不要時にX線ミラー1401に照射されるのを遮断するシャッターであり、X線ミラー1401がSORに照射される時間を短くすることによって、X線ミラー1401の放射線損傷を少なくするのに役立っている。X線ミラー1401はその反射面を下向きにして支持され、第10図(a)に示すように、反射面の円筒軸が水平になり、かつSORの中心軸が反射面に対して $10\text{mrad} \sim 30\text{mrad}$ の角度を持つように設定される。

次に、露光シャッター装置1308について説明する。本発明における露光シャッターは、先にも述べたように、光源強度変化、レジストの種類の違いによる感度の変化等に応じて露出時間を制御する機能だけでなく、X線ミラー1401によって反射されたSOR-X線1のY方向の強度分布、分光特性に応じてローカルな露光時間を制御し、レジストのエネルギー吸収量を露光面角全面にわたって一定とする機能をも有している。

第15図は露光シャッター装置1308およびその機能を説明する上で必要となる要素を斜視図により模式的に示したものである。また、第16図は、第15図において省略されている、ウエハ2と露光シャッター装置1308の間にはさまれているファインアライメントシステム1302と、マスク3を横断面よりながめ、これらのX線1の光軸方向に関する配置関係を示したものである。

本実施例においては、露光シャッター装置1308は、2つの同一のユニットすなわちメインシャッターユニット1501、補助シャッターユニット1502より構成されている。露光ビームであるX線1は、第15図に示されるように、非露光時にはステンレス製のスチールベルト1517によって遮光されているが、露光時にはスチールベルト1517に開けられた長方形の開口部である前方露光アパーチャ1530と、概略これに対向する位置に移動する後方露光アパーチャ1533を通過して、背後に設けられているメインシャッターユニット1501に到達する。メインシャッターユニット1501の

スチールベルト1513にも、補助シャッターユニット1502のスチールベルト1517と同様に、2つの開口部すなわち前方露光アパーチャ1530と後方露光アパーチャ1533が設けられている。前述したY方向のローカルな露光時間を制御する機能はY方向の各点において、メインシャッターユニット1501の露光アパーチャ1530の先エッジ1531が通過し、後エッジ1532が通過するまでの時間を異ならせ、Y方向の各点において、レジストのエネルギー吸収量が一定かつ適正値であるように制御することによって達成される。

スチールベルト1517はアクチュエータユニット1518によって駆動される駆動ドラム1515と、アイドラドラム1516の2つのドラムによって張られ、スチールベルト1517内面と駆動ドラム1515表面の摩擦によって駆動される。駆動ドラム1515には、スチールベルト1517を蛇行無く安定駆動するために、ドラム幅中央部を端部に比べ $50 \mu\text{m} \sim 100 \mu\text{m}$ 程度径を太くし、いわゆるクラウニングを施している。スチールベ

ルト1517の端面近傍に設けられた小さな長方形状の開口部は、タイミングアパーチャ1534、位置検出アパーチャ1535で、それぞれ、反射型のタイミングセンサ1536、フォトインタラプタ1537と共同動作し、あらかじめ決められた駆動パターンでアクチュエータユニット1518を駆動する際のスタート信号を発生したり、SOR-X線1が通過している状態か、遮光されている状態かを検出するのに使われる。アクチュエータユニット1518は、モーターとこのモーターを密閉するように構成されるアルミ合金製のケーシングから成る。このアルミ合金製のケーシングには水路が設けられており、モーターより発生した熱は不図示の配管を経て、チャンパー外に持ち出される。また、このケーシングはモーターに使用されているオイルや、接点材料、軸受材料から発生するパーティクルの露光雰囲気への飛散を防止する効果がある。

メインシャッターユニット1501の機械構成は、以上説明してきた補助シャッターユニット1502の構成と同じなので、説明を省略する。

インシャッターユニット1501、X線デテクタ1551、X線照度計1541のX線光軸方向の配置は第16図に示される通りで、とくにメインシャッターユニット1501は、後に詳細に説明するファイナライメントシステム1302に近接する位置に配置される。

第17図はマスク、ウエハアライメントステージの全体構成を概し、特にステージ装置1301及び計測光学系1312を示した図である。

同図に於いて、1701はステージ全体の基台となるメインフレームで、このメインフレーム1701に取付けられた一对のY駆動ガイドバー1706にY駆動ステージ1705が静圧案内されて上下に可動となっている。該Y駆動ステージ1705は、自重を相殺する目的で、一对のバランスベルト1708を介してメインチャンパー3101に取付けられたバランスシリンダ1709と連結されており、前記メインフレーム1701に取付けられたY駆動用電動シリンダ1707により駆動、位置決めされる。

さらに、Y駆動ステージ1705上に取付けられ

1551は駆動ステージ1804(第18図参照)に取り付けられたX線デテクターである。前述の2つのシャッターユニット1501、1502を開放状態にして、Y駆動ステージ1705(第17図参照)を駆動して、X線デテクター1551を露光面角内をY方向に走査すれば、X線強度プロファイルを計測することができる。この計測データをもとに、アクチュエータユニット1514の駆動テーブルが作成され、露光領域でレジストのエネルギー収量が一定となるような補正駆動が行われる。

1541はX線光軸に直交するX方向に移動可能なキャリッジ1542に固定支持されたX線照度計で、通常は露光面角から離れた位置に待機しており、計測時のみ露光面角内の所定の位置に移動し、X線の強度計測を行う。キャリッジ1542はスチールベルト1544、駆動プーリー1546、アイドラプーリー1548、アクチュエータユニット1547から構成される駆動系により移動、位置決めがなされる。

以上説明した補助シャッターユニット1502、メ

た一对のX駆動用ガイドバー1711に、X駆動ステージ1710が静圧案内されて左右に可動となっている。このX駆動ステージ1710は、Y駆動ステージ1705に取付けられたX駆動用電動シリンダ1712により、駆動、位置決めされる。X駆動ステージ1710上には、ウエハ3の微細位置決めをするウエハ駆動ステージ1899と、レーザ測長用ミラー1810が設置されている。

前記メインフレーム1701に取付けられたAAフレーム2604には、マスクθステージ1999が設置されている。メインフレーム1701はフレームコネクタ1704を介して前記メインチャンパー3101に接続され、ステージ全体はメインチャンパー3101内に収まる。

次に、レーザ測長系について説明する。メインフレーム1701の上部に支持され、前記メインチャンパー3101外に設置されたレーザヘッド1720a、bから放出されたレーザ光は、分配ユニット1721によりX、Y方向に分配され、一方は前記AAフレーム2604に取付けられたX軸干渉計ユニッ

ト1722に入射し、折り曲げられて、レーザ測長用ミラー1810で反射され、レシーバ1725aに入射し、X軸方向のウエハ微動ステージ1899の位置を計測する。他方はメインフレーム1701に取付けられたY軸用干涉計ユニット1723に入射し、折り曲げられて、レーザ測長用ミラー1810で反射され、レシーバ1725bに入射し、Y軸方向のウエハ微動ステージ1899の位置を計測する。

第18図はウエハの微細位置決めを行うウエハ微動ステージ1899の構成を表わしている。ウエハ微動ステージ1899は第17図に示したX微動ステージ1710上に設置されている。

同図において、1802、1803、1804はそれぞれY、X、 $\theta$ 方向に板バネ支持され、Y、X、 $\theta$ 方向に微細に移動可能なY微動ステージ、X微動ステージ、 $\theta$ 微動ステージであり、剛性を高める為にX微動ステージ1710をZ方向に関してサンドイッチするように、同じ形状のものが配置され、それぞれが連結板1809にて連結されている。Y微動ステージ1802はY駆動用ピエゾ素子（図示せ

ず）用ピエゾ素子1814（いずれも一方は図示せず）及び1ヶの $\theta$ 駆動インテウォームブッシュ用ピエゾ素子1815により駆動される。 $\theta$ 駆動ステージ1806にはウエハチャック1807が着脱可能に取付けられており、ウエハチャック1807には温度調節の為に恒温流体が供給されるウエハチャック風調用配管1823及び恒温流体が排出されるウエハチャック風調用配管1824が結合しており、さらに、ウエハ3を真空吸着する為の真空チャック用配管1822も結合されている。

1810はX、Y、 $\theta$ 、 $\omega x$ 、 $\omega y$ の移動量をレーザ測長、測角システムにて測定する為のレーザ測長用ミラーであり、Zチルトステージ1805に取付けられている。レーザ測長用ミラー1810上には、機械原点となる座標基準マーク1821が設置されている。

第19図はマスク $\theta$ ステージ1999の構成を表わしており、同図に於いて、1901はステージ1999の基台となるマスク $\theta$ ステージベース、1902はマスク $\theta$ ステージベース1901に対し、マスク2を面

ずによりY方向に駆動され、X微動ステージ1803はX駆動用ピエゾ素子1811によりX方向に駆動され、 $\theta$ 微動ステージ1804は $\theta$ 駆動用ピエゾ素子1812により $\theta$ 方向に駆動される。さらに、各軸にはY微動用ダンパ（図示せず）、X微動用ダンパ1817、 $\theta$ 微動用ダンパ1818が配置してあり、振動減衰を早めている。

1805は $\theta$ 微動ステージ1804より、3枚のZ支持板バネ1808によって、Z、 $\omega x$ 、 $\omega y$ 方向に歪、それ以外の方向に剛に支持されたZチルトステージである。Zチルトステージ1806は、3つのZチルト駆動用インテウォーム、1813及びZチルト駆動用テコ1819（それぞれ一つのみ図示）を介して、3点が独立にZ方向に駆動される。この際の移動量はZチルト制御用変位センサ1820により計測され、正確なZ及び $\omega x$ 、 $\omega y$ 方向の位置決めを行う。

1806は前述のZチルトステージ1805よりベアリングを介して支持された $\theta$ 駆動ステージであり、 $\theta$ 駆動ステージ1806は2つの $\theta$ 駆動インテウォームクランパ1816、2ヶの $\theta$ 駆動用インテウォームク

ラ内回転方向（ $\theta$ 方向）にのみ歪に、他の方向には剛に支持する放射状の板バネ、1903はマスク2を着脱自在にする為のマスクチャック、1904、1905はマスク2を機械的に位置決めする位置決めピン及び位置決めVブロック、1906はマスク $\theta$ ステージベース1901に対するマスク2の相対的回転角度を近似的に円周方向の直線変位で測定する為の変位センサ、1909はマスク $\theta$ ステージ1999の駆動変位源であるところのピエゾ素子、1908はピエゾ素子1909の変位を拡大するテコ拡大機構、1910はテコ拡大機構1908により拡大された変位を円周方向以外に歪力伝えない様に伝達する弾性カップリング、1911はマスク $\theta$ ステージ1999の振動を減衰させるダンパである。

第20図に示すレーザ測長光学系は、露光中心軸（SOR-X線1の光軸）を基準にウエハ微動ステージ1899の姿勢、位置について、マスク2とウエハ3のギャップ方向（Z方向）以外の5自由度、すなわち、位置X、Yと姿勢（角度成分） $\theta$ 、 $\omega x$ 、 $\omega y$ およびメインテナンスバー3101内の圧力、温度

によるレーザ波長の変動を計測する機能を持つ。

このレーザ測長光学系において、レーザヘッド1720(a, b)は本来1本で良いが、レーザ出力が小さいため2本使用することにして、測長用と測角用に分けている。測角系の測定レンジは $10^3$ パルス位、測長系においては $10^4$ パルス位であり、レーザ波長の変化は $10^3$ オーダであるため、測角系の測定誤差は最大 $10^3$ パルスと無視出来るが、測長系においては最大 $10^4$ オーダの誤差が発生するため、測長系のみ波長補正を行っている。このため、ウェーブレングスコンベンサータ1724は測長系の光路に入っている。

レーザヘッド1720a, bおよびレシーバユニット1725は大気中にあり、メインチャンバー3101内の密閉を保つためベローズ等によりシールされた通結部によりメインフレーム1701に固定されている。また、レーザ光はメインチャンバー3101に取付けられたガラス窓2011a, b, cにより、メインチャンバー3101内外を出入りする。

レーザヘッド1720から出て来たレーザ光をX

方向、Y方向に分ける光路分配ユニット1721、Zチルトステージ1805のX方向位置を測定するブレンミラー干渉計2004bおよびY軸回りの回転成分 $\omega_y$ を測定する測角干渉計であるダイフアレンシャル干渉計2008cおよびレーザ波長補正を行うためのウェーブレングスコンベンサータ1724へ光を分岐するハーフミラー2002aを有しているX用干渉計ユニット1722、同様にY方向位置を測定するブレンミラー干渉計2004aおよびZ軸回りの回転成分 $\theta$ を測定するダイフアレンシャル干渉計2008aおよびX軸回りの回転成分 $\omega_x$ を測定するダイフアレンシャル干渉計2008bを有しているY用干渉計ユニット1723、ウェーブレングスコンベンサータ1724はメインチャンバー3101内にあり、メインフレーム1701に固定されている。

以下に基本動作を測長系と測角系でわけて説明する。まず測長系を説明する。測長用レーザヘッド1720aから出たレーザ光は、ベンダー2001aによりY方向に曲げられ、ガラス窓2011aを通過してチャンバー3101内に入射される。この後、光

路分配ユニット1721内の33%ハーフミラー2003aによりX方向に分岐され、このレーザ光はベンダー2001bによりY方向に曲げられ、Y方向位置を測定するブレンミラー干渉計2004aに入射する。ブレンミラー干渉計2004aには測定対象であるZチルトステージ1805に搭載されているレーザ測長用ミラー1810と、マスグ3の近くでAAフレーム2604に固定されているリファレンスミラー2007aとの相対位置を計測出来るように、折り曲げミラー2005aと $\lambda/4$ 板2006aが付加されている。干渉光はガラス窓2011bを通過してレシーバ2010bにより受光され電気変換される。

33%ハーフミラー2003aから直進した光は、50%ハーフミラー2002aにてウェーブレングスコンベンサータ1724、例えばZygo社Model 7056とベンダー2001cに分れる。コンベンサータ1724に対してはレシーバ2010cが設けられている。また、X測長系は前記のY測長系と同様なブレンミラー干渉計2004b、ミラー2005b, 2007b,  $\lambda/4$ 板2006b, レシーバ2010aを有している。

次に、測角系を説明する。測角用レーザヘッド1720bから出たレーザ光は、ベンダー2001dによりY方向に曲げられ、ガラス窓2011aを通過してメインチャンバー3101内に入射される。この後、ベンダー2001eにより光路変更され、33%ハーフミラー2003bによりY方向に分岐された光は、ベンダー2001fにより $\omega_y$ 測角用ダイフアレンシャル干渉計2008cに入射される。この干渉計2008cはレーザ測長用ミラー1810とX用干渉計ユニット1722に固定されている角度測定用リファレンスミラー2009cの相対角度を測定するもので、例えばZygo社のDPMI (MODEL 7015)を用いる。干渉光はガラス窓2011cを通過してレシーバ2010fに受光される。ハーフミラー2003bからの直進光は、ハーフミラー2002b、ベンダー2001gで2つに分けられた後、前記と同様の干渉計2008a, b、角度測定用リファレンスミラー2009a, b, レシーバ2010d, eを用いて、 $\theta$ および $\omega_x$ を測定するのに使用される。

次に、第21図によりブリAA/AP光学系につ

いて説明する。

プリアライメントシステムの機能としては、大別して、ウエハ3のX、Y方向の位置を検出する機能（以下、プリAA）と、ウエハ3のZ方向の位置を検出する機能（以下、プリAF）に分けられる。プリAA光学系とプリAF光学系の機能を述べると、以下の様になる。

まず、プリAA光学系は、①後述されるファインアライメントシステム1302の負荷を軽減するため、ファインアライメントシステム1302によるアライメントに先立って、ウエハ3のX、Y方向の位置を検出可能とする、②ファインアライメントシステム1302によってアライメントを行った時に異常が発生した場合に、ウエハ3上のアライメントマークを目視により観察可能とする、である。また、プリAF光学系は、①前記プリAA光学系の焦点深度内にウエハ3を設定するために、ウエハ3のZ方向位置を検出する、②ファインAA位置へ移動する際のウエハ3のZ方向位置を補正可能とする、である。

透過し、780～840nm程度のS偏光が反射する特性としている。更に、対物レンズ2106は前述の入射軸位置に対し、テレセントリックな系となっている。以上が、照明系部分を構成している。

ウエハ3上の像は、対物レンズ2106、ダイクロイツクミラープリズム2116、4分の1波長板2109、偏光ビームスプリッタ2115を透過し、ハーフミラープリズム2114で分岐される。そして、透過側は低倍及び高倍リレーレンズ2105、2104にて、白黒カメラセンサ2117上に結像される。尚、対物レンズ2106からリレーレンズ2105までの光路はアフォーカル部とした方が、相互の位置設定許容度が極小なことと、中間部のプリズム面反射によるゴーストの影響を緩和する点で好ましい。また、リレーレンズ2105と2104を設け、その間で結像が1回行われる構成とすることで、暗視野時の直接光を遮え切る開口絞りをつけることができる。一方、半透鏡2114の反射側の光は、折り曲げミラー2112で反射され、高倍リレーレンズ2107、折り曲げミラー2113、耐真空気2110を経てカラー

第21図において、2101はライトガイドであり、不図示の光源（例えばハロゲンランプ）の光を導びき、コンデンサレンズ2102側の端面が2次光源となる。コンデンサレンズ2102は前記2次光源の光を開口絞り2108上に集める。2103は結像レンズであり、折り曲げミラー2111、偏光ビームスプリッタ2115で反射させ、4分の1波長板2109、ダイクロイツクミラープリズム2116を通過させた後、開口絞り2108の像を対物レンズ2106の不図示の入射軸上に結像する。ここで、絞り2108は明視野用と暗視野用いずれも使用可能である。尚、ライトガイド2101から出射する光はランダム偏光光の為、偏光ビームスプリッタ2115と4分の1波長板2109の組み合わせにより、光量ロス50%におさえられる。但し、光量的に余裕のある系の場合は、半透鏡の利用でも良く、この場合の光量ロスは75%以上となる。

また、ダイクロイツクミラープリズム2116はプリAF光学系を導入する目的のものであり、反射面は多層膜により、400～700nmのP.S偏光が

カメラセンサ2118上に結像する。以上が結像系である。

2119は780～840nm程度の波長を有する半導体レーザ（LD）であり、コリメータレンズ2120で平行光を得る。前記光は一般に直線偏光であり、偏波面の向きを合わせ、ダイクロイツクミラー2116で反射させることができる。そして、対物レンズ2106を透過し、ウエハ3にて反射し、再度対物レンズ2106を透過した後にダイクロイツクミラー2116で反射し、折り曲げミラー2121、2122、受光レンズ2123を介して、センサ2124に導かれる。センサ2124には、例えば1次元のPSDが用いられる。

以上がAF系の構成であり、AF原理、方式に関しては特公昭62-51442号公報に開示されるものが用いられる。

第22図はプリアライメントシステム1307の外観図を示している。このプリアライメントシステム1307は、第22図に示す様に、プリAAチャンバ-3106内に収納されている。第21図で説明し

た光学系は、それぞれ金属のブロックに固定され、ブリAAベース2203に取付けられている。さらに、ブリAAベース2203は取付けアングル2204に支持され、取付けアングル2204はAAフレーム2604(第13図参照)に固定されている。

ハロゲンランプの光を導く光ファイバー2101は、光ファイバーフィードスルー2201により、ブリAAチャンパー3106内に持ち込まれている。耐真空窓2110は不図示のOリングにより気密にブリAAチャンパー3106に取付けられている。また、カラーカメラ2118もブリAAチャンパー3106に取付けられている。

次に、ファインアライメントシステム1302について説明する。ウエハチャック1807に吸着されたウエハ3の位置を計測するアライメントシステムをブリアライメントシステム1307と呼んだのに対し、露光に先立って最終的にマスク2とウエハ3のアライメントを行うアライメントシステムをファインアライメントシステム1302と呼ぶ。ファインアライメントシステム1302の機能は、前述

したマスク2上のパターンとウエハ3上のパターンの面内方向(X, Y,  $\theta$ 方向)のズレ量を検出する機能(以後AA機能)だけでなく、マスク2のメンブレンとウエハ3表面のギャップ量を検出する機能(以後AF機能)を有している。

第24図はファインアライメントシステム1302を斜視図により模式的に示したものである。ファインアライメントシステム1302は、第19図に示されるマスク $\theta$ ステージベース1901のマスクチャック1903と反対側の面に展開されており、第16図に示されるように、マスク $\theta$ ステージベース1901と露光シャッター装置1308にはさまれる位置にある。

ファインアライメントシステム1302は、その機能から大別して、マスク2とウエハ3の面内方向のズレ量や、ギャップ量を検出するピクアップ2401と、このピクアップ2401をアライメントマークの位置に対して移動し、位置決めを行うピクアップステージ部2411の2つに分けられる。まず、第23図を使ってピクアップ2401につい

て説明する。

第23図は第24図に示されたピクアップ2401に内蔵されている主要部品の構成配置を示したものである。2301はアライメント用ビームの光源となる半導体レーザで、温調用の配管を有する不図示の金属ベースに固定されている。半導体レーザ2301より出射した発散角を有するビームは、コリメータレンズ2302により平行ビームに成形され、さらにビーム縮小レンズ2305によりマスク2面上で平面波となり、ビームウエストを形成するように集光される。2306は配置の都合上ピクアップ基準面2402(第24図参照)に平行に配置されたビーム縮小レンズ2305より出射された投光ビーム2307を露光ホール2430を通過してマスク2の面上に導くための折り曲げ用ミラーである。マスク2及びウエハ3上のアライメントマーク2332により回折および反射したビームは、1度露光ホール2430内で空中像を結像し、リレーレンズ2310によって、このリレーレンズ2310を中心に、前記結像点とは反対側の対称な位置に設けられた2ライ

ンセンサ2320上に再び結像する。この2ラインセンサ2320の一つの基板には、アライメントマーク2332のズレ量を検出するAAセンサ2321と、ギャップ量を検出するAFセンサ2322の2つのラインセンサが作りこまれている。

第23図に示すように、アライメントマーク2332に投光される投光ビーム2307も、2ラインセンサ2320に結像する受光ビーム2308も、X線1の光軸2309に対して角度を有している。ピクアップ2401は斜めからアライメントマークを見込むように配置され、露光ビームたるX線1とピクアップ2401の干渉を避けている。このピクアップ2401と受光ビーム2308、投光ビーム2307、X線1の関係は第16図にも示されている。この様に構成することにより、アライメント時、露光時を問わずピクアップ2401を固定しておくことが可能となる。なお、アライメント時のピクアップ2401とX線1が干渉する場合には、露光時に露光ホール2430内からピクアップ2401を退避する必要があり、ピクアップ2401の移動。

位置決めによるスループットの低下を招くこととなる。

1つのピックアップからは、1つのアライメントマーク2332の1方向のズレ量と、1点のギャップ量が検出されるだけなので、アライメントマーク2332の面内方向のズレ量とズレ方向、そしてアライメントマーク2332自身の図柄を検知したり、或は、マスク2に対するウェハ3のチルトを計測するには、最低3ヶのピックアップによる計測が必要となる。本実施例においては、露光パターンを囲む4辺のスクライブライン2331上に設けられる各アライメントマーク2332に対応するように、互いに90°づつ位相をずらした4ヶのピックアップを配置する構成をとっている。第24図には、4ヶのピックアップ2401が露光ホール2430を囲んで配置される状態が示されている。

次に、先に大別した2つの機構のうちの残りの機構、すなわちピックアップ2401をアライメントマークの位置に応じて移動し、位置決めを行うピックアップステージ部2411について説明する。

イン上のアライメントマークに対して、投光ビーム2307をアクセス可能なストロークを有している。 $\alpha$ 方向、 $\beta$ 方向アクチュエータユニット2415、2416は、直流モーター、ロータリーエンコーダ、減速機構を基固配管を有するアルミ合金製のケーシングで密閉した構造を有しており、露光シャッター装置1308のアクチュエータユニット同様、モーターおよび減速機構で発生した熱は不図示の配管を経て、チャンバー外に持ち出される。

ピックアップステージ2411の最上層の $\beta$ 方向位置決めステージ2413には、ピックアップ2401とピックアップステージ2411を締結するピックアップ支持部材2421が取り付けられている。このピックアップ支持部材2421はピックアップ2401の底面がピックアップ基準面2402より100 $\mu$ m程度浮上した状態に支持するもので、この状態でピックアップステージ2411の移動、位置決めを行うが、アライメント計測の際には、ピックアップ2401をピックアップ基準面2402に密着固定する。このためピックアップ支持部材2421はX

ピックアップステージ2411の基本的な構造は、一般的な2軸ステージと同じ構造をとっている。すなわち、駆動案内を組み込んだ2つの構造体を互いに直交させて積み重ね、各軸をそれぞれ別々のアクチュエータで駆動している。アクチュエータには一般にモーターが使用され、モーターの回転運動はねじ棒とナフト等の伝達機構で直線運動に変換される。第24図において、露光ホール2430に対してピックアップ2401を法線方向に移動する軸を $\beta$ 軸、接線方向に移動する軸を $\alpha$ 軸とすると、ピックアップステージ2411はピックアップステージ2411をマスク $\theta$ ステージベース1901に固定するための固定ステージ2414、 $\alpha$ 方向アクチュエータユニット2415により駆動される $\alpha$ 方向位置決めステージ2412、 $\beta$ 方向アクチュエータユニット2416により駆動される $\beta$ 方向位置決めステージ2413の3層構造をなしている。本実施例においては、前記駆動案内として剛性の高いクロスローラガイドを使用している。また、 $\alpha$ 軸と $\beta$ 軸は、それぞれ、最小面角から最大面角までの任意のスクライブラ

線光軸(Z軸)方向、 $\alpha$ 軸回り、 $\beta$ 軸回りの剛性を他の軸に比べ低くし、自由度を持たせている。ピックアップ2401のピックアップ基準面2402への密着固定は、ピックアップ支持部材2421に組み込まれたクランプユニット2422のプッシュロッド2423を天板1602(第16図参照)に押しつけ、その反力によりピックアップ支持部材2421をX線光軸方向にたわませることによって達成される。なお、天板1602は、第16図に示すように、複数の柱1603を介してマスク $\theta$ ステージベース1901に取り付けられている。本実施例においては、プッシュロッド2423を駆動する力として空気圧を使用しており、各クランプユニット2422には各1本、計4本の配管(図示せず)がなされている。クランプ動作およびクランプ解除動作は、前記4本の配管を1本化した位置に設けられた1ヶのバルブのON/OFFによって行われる。ピックアップ2401が密着固定されるピックアップ基準面2402は、マスク2がチャッキングされる裏面との平行度、平面度に関して高精度加工が施されており、計測時

のマスク2に対するピツクアップ2401の姿勢精度はこの加工精度によって決定される。本実施例においては、前記平面度は $2\mu\text{m}$ 以内に加工されており、このピツクアップ基準面2402にピツクアップ2401を密着させることによって、一般の高精度案内機構より得られる姿勢精度の倍以上の高い姿勢精度が得られている。

以上説明したように、ファイナライメントシステム1302は、ウエハ3とマスク2のずれ量を検出するために使用されるが、これ以外にも、マスクチャック1807にセットされたマスク2の位置および所定の基準軸に対するパターン1808の傾きの計測を行うマスクアライメントの際にも使用される。以下にこのマスクアライメントについて説明する。

本実施例におけるX線露光装置は、一般にステツパーと呼ばれる露光装置に属するもので、1個もしくは複数のチップに相当するパターンを1つの単位として、移動と露光を繰り返してウエハ全面に焼きつけるものである。このような露光装置では、パターンの移動軸、すなわち本実施例におけ

るステージ装置1301の座標軸とパターン自身の軸が角度を有している場合、各パターンはその整列している方向に対して一定の角度をもって焼きつけられ、パターンの基準辺と整列方向が一致しない状態が生ずる。こうして出来上がったウエハにさらに次のパターンをアライメントする場合、露光単位が露光工程と同じステツプ露光の場合には、特に大きな問題は発生しないが、例えばウエハ全面を一回で露光するような一括露光装置を使用する場合には、一括露光用のマスクはウエハ全面に相当するパターンが当然の事ながら、各チップの向きとその整列方向が一致するように整列されているため、ステツパーのパターン単位で整列方向に対して角度をもって焼きつけられたウエハとの高精度のアライメントはもちろん、場合によってはアライメントそのものが不可能となる。また、マスク2がセットされて最初のマスク2とウエハ3のアライメントでは、マスク2が機械的にマスクチャック1807にチャッキングされただけであるために設計値に対して比較的大きくずれており、

ウエハ3を設計位置に移動しても、マスク2上のアライメントマークとウエハ3上アライメントマークが大きく離れてしまい、アライメント信号を得ることができない場合がある。これを解決するには、ずれ量を検出する領域を大きくすれば良いが、一般に検出領域と検出分解能は相反する項目であるので、本装置のような高精度のアライメントを必要とする装置においては、検出領域を拡大するのは好ましいことではない。

上記の2点に代表される問題点を解決するためには、前記したマスクアライメントが有効である。マスクアライメントを、マスクパターン投影用の縮小露光レンズと一体に固定された基準マークを行うことは、例えば特開昭59-89417号公報で提案されている。これに対し、本実施例では、基準マークをマスク上のパターンの軸がアライメントされるべき方向に移動するステージ1899（第18図参照）上に配置し、基準マークとマスク2上のマスクアライメント用マーク2340のズレ量を、ピツクアップ2401を使用してファイナライメ

ントと全く同じ方法で検出するように構成している。

以下、図面を用いて実施例について説明する。第18図において、1821が本実施例における機械原点となる座標基準マークであることはすでに述べた。この座標基準マーク1821は複数のマークから構成されており、その中の一つにマスクアライメント時の基準となる基準マーク（以下単に基準マーク1821と呼ぶ）がある。基準マーク1821は4ヶあるそれぞれのピツクアップ2401に対応して4ヶ設けられるが、機械上1ヶのマークとみなすことができるように配置がなされている。基準マーク1821は、先に述べたように、ウエハチャック1807と同様、Z軸ルーステージ1805に固定されたレーザ測長用ミラー1810上に配置されており、その意味で基準マーク1821はウエハ3上に焼きつけられるパターンの整列方向を与えるステージ装置1301の座標軸に沿って移動する1点とみなすことができる。従って、基準マーク1821を前記座標軸に沿って移動し定義される2点を結ぶ線分に対

してマスク2上のパターン軸が平行になるように、マスク2がチャツキングされているマスク0プレート1912を駆動することによって、マスク2の図柄方向のアライメントを行うことができる。

実際には、前述の2点を結ぶ線分とマスク2上のパターン軸の傾きは、マスク2上に所定の距離を隔てて設けられた2つのマスクアライメント用マーク2340と基準マーク1821との間距離分に直交する方向のズレ量と、2つのマスクアライメント用マーク2340のピッチより求められる。第23図を用いて、マスク2上のマスクアライメント用マーク（以下マスクアライメントマークと呼ぶ）2340について説明する。

第23図には、ウエハ3とこれに載せギャップを隔てて対面するマスク2の基板202が2点鎖線で示されている。基板202の図柄パターンをとり囲むスクライプライン2331の外側に設けられている4つのマーク2340がマスクアライメントマークである。マスクアライメントマーク2340の配置は、パターンに対するマーク位置が正確に既知で

あれば、原理的には、どこにあっても構わないが、本実施例においては、パターンの最大面角の充分外側に対向する2つのマークがマスク中心で直交する2本のパターン軸に関して対称な位置になるように、4つのマークを配置している。すなわち、面角や軸の要因にかかわらず、マスクアライメントマーク2340の位置は常に一定とした。また、第16図および第24図に示されるように、ピックアップ2401上には、スクライプライン2331の外側の領域に不要なX線1が到達しないようにこれを遮光する可動アパーチャ2404が設けられており、露光によってマスクアライメントマーク2340がウエハ3に転写されることはない。

マスクアライメントマーク2340、基準マーク1821は、それぞれ、フラインアライメント時に使用するマスク、ウエハ上アライメントマーク2332と同様のパターンを有しており、2つのマークのずれ量の検出はフラインアライメント時と同様の検出手段によって行われる。

以上説明したように、この実施例におけるマス

クアライメントによれば、マスク2上のパターンの軸を、パターンの整列方向を支配するステージ装置1301の座標軸を代表する基準マークの移動方向に直接合わせるように構成したので、極めて高精度にマスクアライメントを行うことができる。また、装置に対して固定の2点によってパターンをアライメントすべき軸を定義する方法では、ステージ装置1301の座標軸に対して、この2点によって定義される直線を高精度に機械的に合わせ込む調整が必要となるが、本実施例によれば、機械的に1点とみなせる基準マーク1821をレーザ測長用ミラー1810に搭載する作業では特別な調整は不要となる、これは特にフィールドにおけるサービス性の観点から重要なことである。

また、マスクアライメントマーク2340と基準マーク1821の構成を、フラインアライメント時のマスク上のアライメントマークとウエハ上のアライメントマークの関係と同じとすることにより、フラインアライメントシステム1302を使用して、ずれ量の検出を可能としたので、マスクアライ

メント専用の検出手段を必要とせず、装置の小型化、低価格化、高信頼性化に対しても効果がある。

さらに、この実施例においては、マスク上のパターンサイズにかかわらず、マスクアライメントマーク2340の位置を一定としたので、マスクアライメント時のピックアップ2401の計測位置も一定で、マスクにかかわらず、マスクアライメントにおけるピックアップステージ2411の停止位置は一定で、機械的には高精度な位置決め、またシーケンスに関しては簡略化に対して効果がある。

さらに、この実施例においては、ステージ装置1301の座標軸に対するマスク上のパターン軸の傾きを検出するために必要な2つのマスクアライメントマークに、さらに2つのマークを加え計4つのマークをパターンを囲むように配置したので、レーザ測長用ミラー1810の位置を計測している計測系からの位置データと、マスクアライメントマークと基準マークのずれ量から、パターン軸の傾きだけでなく、機械的にチャツキングされたマスク2上のパターンの正確な位置をX、Yの座標として知

ることでもある。

第25図はウエハ搬送系の外観図を示す。ウエハ搬送系はウエハ供給、回収エレベーター1303、イジエクター1304、オリフラ検知ステージ1305、ウエハトラバーサ1306の4つのユニットから構成されている。

ウエハ供給、回収エレベーター1303はウエハ供給エレベーター1303bとウエハ回収エレベーター1303aから成り、イジエクター1304との連動によりウエハ3を1枚づつ供給キヤリヤ2501から取り出し、回収キヤリヤ2502へ収納するものである。ウエハ供給エレベーター1303bとウエハ回収エレベーター1303aは、同一の部品構成になっているので、以下、ウエハ供給エレベーター1303bについて説明する。25枚のウエハ3が収納された供給キヤリヤ2501が、供給キヤリヤ置き台2503上の所定位置に置かれている。供給キヤリヤ置き台2503は供給エレベーターロッド2506と連結されており、供給エレベーターロッド2506をY方向に所定量移動させることにより、供給キヤリ

フラ検知ステージ1305から回収キヤリヤ2502へ収納するものである。イジエクター1304は、真空方式によりウエハ3を吸着するイジエクターハンド2512と、それを支持するイジエクターアーム2513と、供給キヤリヤ2501から地面に水平に取り出したウエハ3を垂直に立てるイジエクターω<sub>z</sub>駆動部2514を有する。イジエクターハンド2512はイジエクターZステージ2520上に搭載されている。また、イジエクター1304はイジエクターハンド2512に真空吸着されたウエハ3をオリフラ検知ステージ1305に授受する際に使用するイジエクターZ駆動部2519と、イジエクターハンド2512をX方向へ移動させるためのイジエクターXステージ2517と、イジエクターX駆動プーリー2518を回転させワイヤードライブするイジエクターX駆動部2516と、イジエクターハンド2512を供給エレベーター1303bと回収エレベーター1303aとオリフラ検知ステージ1305の3方向に向けるイジエクターω<sub>y</sub>駆動部を有している。

H<sub>e</sub>雰囲気を維持するウエハイジエクターチャン

ヤ2501のY方向の位置決めを行う。供給エレベーターロッド2506のY方向への移動は、供給エレベーター駆動部2504と供給エレベーター送りネジ2505により直動のバルス送りを行い、供給ウエハ有無検知部2507がウエハ3の有無と誤挿入を検知している。H<sub>e</sub>雰囲気を維持するウエハロードチャンバー3109には、供給エレベーターロッド2506の円周部を真空シールするユニット（不図示）があり、供給エレベーター駆動部2504と供給エレベーター送りネジ2506は大気中に配置されている。供給エレベーター駆動部2504にはモーターの支持部材に水冷管（不図示）が通っている。回収エレベーター1303aも、供給エレベーター1303bと同様に、回収キヤリヤ置き台2508、回収エレベーター駆動部2509、回収エレベーターロッド2510、回収ウエハ有無検知部2511、ウエハアンロードチャンバー3111を有している。

イジエクター1304は、供給キヤリヤ2501からウエハ3を取り出し、オリフラ検知ステージ1305へ供給すると共に、露光終了後のウエハ3をオリ

バー3107には、真空回収フィードスルー（不図示）があり、イジエクターX駆動部とイジエクターω<sub>y</sub>駆動部は大気中に配置され、動力はフィードスルーを介して、ウエハイジエクターチャンバー3107内に導入されている。各駆動部のモーター支持部材には水冷管（不図示）が通っている。

オリフラ検知ステージ1305には、イジエクター1304より供給されたウエハ3のオリエンテーションフラットの位置を検知し、その配向を所定方向に設定する役割りと、露光後のウエハ3がイジエクター1304により回収される際の回収待機台の役割りがある。

オリフラ検知ステージ1305は、真空方式によりウエハ3を垂直に吸着できるオリフラ検知チャック2521と、時計、反時計方向共に無限回転できるオリフラ検知θステージ2523と、それを駆動するオリフラ検知θ駆動部と、X方向に移動できるオリフラ検知Xステージ2527と、それを駆動するオリフラ検知X駆動部2526と、Y方向に移動できるオリフラ検知Yステージ2529と、それを

駆動するオリフラ後知Y駆動部2528を有する。オリフラ後知Xステージ2529は、ウエハトラバーサー1306へのウエハ3の授受の際に、後述するウエハハンドとウエハ3の干渉がない位置まで+Y方向に移動できる。ラインセンサ投光系2534は、オリフラ後知チャック2521に装着されたウエハ3のエッジを照明し、そのエッジのX方向の位置をラインセンサ2525により検出する。ウエハ3をθ方向に一定速度で回転させながら、ラインセンサ投光系2534とラインセンサ2525により、一定時間ごとに前記検出を行い、後述する演算シーケンスにより、オリエンテーションフラットの位置とウエハ3のX、Y方向の位置ずれを検出し、この後、オリエンテーションフラットの方法はオリフラ後知θステージ2523を駆動して補正し、ウエハ3のX、Y方向の位置はオリフラ後知Xステージ2527、オリフラ後知Yステージ2529を駆動して補正する。オリフラ後知ステージ1306は、メインフレーム1701に取付けられており、全てメインチャンバー3101内のHe雰囲気中に配置され

ている。各駆動部のモーターの支持部材には水冷管（不図示）が通っている。

ウエハトラバーサー1306には、オリフラ後知ステージ1306でオリエンテーションフラット設定とX、Y方向補正の終わったウエハ3を、ウエハチャック1807にロードする役割りと、露光終了後のウエハ3をウエハチャック1807からオリフラ後知チャック2521にアンロードする役割りがある。ウエハトラバーサー1306は、ウエハ3を真空吸着方式により垂直に吸着できるロードハンド2530とアンロードハンド2531の2本のハンドを持っている。ロードハンド2530は、オリフラ設定の終わったウエハ3をオリフラ後知チャック2521からウエハチャック1807にロードするハンドで、アンロードハンド2531は、露光終了後のウエハ3をウエハチャック1807からオリフラ後知チャック2521へアンロードするハンドである。2つのハンド2530、2531は、それぞれロードXステージ2532、アンロードXステージ2533に搭載されており、トラバーサーZ駆動部2534、トラバーサーZω

駆動部2535によって、Z方向へ移動させることによりウエハ3の授受を行う。但し、これらの駆動部2534、2535は、電動シリンダーでロッドがZ方向に伸縮する構成になっており、2つの駆動部2534、2535はオリフラ後知チャック2521とウエハチャック2531のウエハ交換位置に各々固定されていて、ウエハ3の授受の時だけロッドが伸縮し、通常はロッドは電動シリンダー内に収納されている。

また、ハンド2530、2531はロードXステージ2536とアンロードXステージ2537にそれぞれ搭載されており、オリフラ後知チャック2521とウエハチャック2531のウエハ交換位置までX方向に移動可能になっている。X方向の駆動は、トラバーサー駆動プーリー2539とテンションプーリー2540にスチールベルト2541を掛けて、トラバーサーX駆動部2538の動力をトラバーサー駆動プーリー2539に伝達し、2つのXステージ2536、2537をベルトドライブする。X方向の移動の際2つのZステージ2532、2533はストロークを違えてあり、部品干渉が起らないように構成されている。

ウエハトラバーサー1306は全てメインフレーム1701に取付けられており、メインチャンバー1301内のHe雰囲気中で使用される。ウエハトラバーサー1306の全ての駆動部のモーター支持部材には水冷管（不図示）が通っている。

第26図はマスク搬送装置1311（第13図参照）の概略図を示す。マスク搬送装置1311は、AAフレーム2604とメインフレーム1701の間に位置しているため、平面的な構成となっている。同図の中で、トラバースユニット2601は、マスクθステージ1999とマスクカセット1310（第13図参照）との間を往復動作する直動機構、マスクハンド2602はマスク2のハンドリングを行うロボットハンドである。これらとアームユニット2603の3つのユニットからマスク搬送装置1311は構成される。アームユニット2603は、マスクハンド2602をマスクθステージ1999およびマスクカセット1310内のカセットステージ3001（第29図参照）に進入する方向に回転させる機構、ならびにマスクθステージ1999上およびカセットステージ3001

上でマスクハンド2602を上下させる機構を有する。なお、トラバースユニット2601を駆動するトラバース用モーター2605には、モーターからの発熱を除去するための冷却用水パイプ2606が備えられている。また、マスク2のマスクθステージ1999への位置決めは、マスク位置決めVブロック1905への突当てにより行う。

第27図はマスク搬送装置1311の機構について詳細に示したものである。同図において、トラバースユニット2601はトラバース用モーター2605によって駆動し、平ベルト2702を介して、リニアガイド2701上を駆動で往復搬送動作を行い、トラバース位置状態センサ2703でトラバース位置をモニタリングすることができる。アームユニット2603は、アーム旋回を行うモーター2707と不図示のギア、および旋回位置状態センサとマスクハンド2602の上下運動を行うモーター2706と不図示の偏心カムおよびZ位置状態センサ2704で構成されている。上記構成にて、マスクハンド2602によってハンドリングされるマスク2をマスクθステー

ジ1999上のマスク位置決めVブロック1905へ突当て位置決めするために、マスクハンド2602内の突当センサ2705の検出信号によってトラバースユニット2601は制御される。

マスク2が収納されているマスクカセット1310（第13図参照）のローディング機構について説明する。第28図に於いて、2801は、本実施例で使用されるマスク2が収納されるカセット本体を示す。2802は、カセット本体2801を密閉するカセットカバーを示す。第28図に於いて、カセット本体2801とカセットカバー2802を組合しマスクカセット1310とする。2803は、本装置の作業者が、マスク2の収納されたマスクカセット1310を降載する台である。操作性を向上するため、マスクチャンバー3103からオーバーハングして、第28図上でX方向へ引き出すことが可能である。2804はカバーロックユニットを示す。本実施例に於いては、カバーロックユニット2804はカセットカバー2802の底部を内側から押え込む。この操作は手動である。

2807はカセットロックユニットを示す。これはカセット本体2801内のカセットロック機構（後述する）を駆動するものである。本実施例では、カセットロック機構の駆動部であるカセットロックユニット2807が、カセット本体2801内ではなくカセット台2803内にある。従って、カセット本体2801がカセット台2803上にあるときのみ駆動力が伝達される。2806はテーブルを示す。テーブル2806はカセット本体2801のみをマスクローディング可能な所望の位置へ移動させるときのカセット本体2801用回転台である。2805はテーブル2806に上述した如くカセット本体2801を載せ、移動せしめるマスクカセットエレベーターである。2812はカセットエレベーターモーターで、駆動力伝達は、精密送りネジを使用しているが、駆動機構であれば本実施例以外の方式でもよい。

また、マスクカセットエレベーター2805はマスクチャンバー3103の外部にあり、ロッドをフィードスルーを通してテーブル2806に連結している。テーブル2806はマスクチャンバー3103

内にある。

次に、カセット本体2801内のマスク2の選択機構部を説明する。2809はインデクサーベースを示す。インデクサーベース2809はマスクチャンバー3103へ連結している。2810はインデクサを示し、カセット本体2801の回転駆動を行う。インデクサ2810の出力軸はフィードスルーを通し、マスクチャンバー3103に導入されている。2811はコネクティングユニットを示す。このユニット2811は本実施例のカセット本体2801のカセットステージ3001に電源を供給するためのユニットである。カセットステージ3001のマスク2吸着方式は真空吸着方式で、吸脱の際に真空回路を駆動するための電源が必要となる。このとき、本実施例に於いては、カセット本体2801内に独自の電源を持たないためにコネクティングユニット2811がある。なお、カセット本体2801内に独自の電源がある場合は、前記真空回路の駆動信号のみをカセット本体2801内に伝達すればよい。以上のユニットは、マスクチャンバー3103に付帯しており、マ

スクチャンパー3103とメインチャンパー3101はゲート弁3102にて仕切られている。

次に、第29図に、カセットローディング途中の動作図を示す。この図によって本実施例のマスクカセット1310の位置決め方を説明する。テーブル2806上に搭載されたカセット本体2801はマスクカセットエレベーター2805にて、上方に押し上げられる。2904はカセット本体とインデクサ2810の軸ズレを補正するためのボスである。2902はカセット突き当て面、2903はインデクサ突き当て面をそれぞれ示す。マスクカセットエレベーター2805により、カセット突き当て面2902とインデクサ突き当て面が直交に当り、また、ボス2904にて軸ズレが補正され、カセット本体2801の位置決めが行われる。2901は位置決めピンで、この位置決めピン2901がカセット本体2801の嵌合穴に入り、回転方向の位置決め割り出しを行う。以上の構成により、マスクカセット1310の位置決めは高精度に行われる。本実施例では、回転位置決めを行う位置出し機構が上方に存在するが、テ-

を示す。これらはそれぞれ3組設けられている。レバー3007はカバーロック爪3005とテーブルロック爪3007に連動しており、レバー3007の操作により、カバーロック爪3005とテーブルロック爪3006がスライドして、どちらか一方がカセット本体2801から突き出す。カバーロック爪3005はカセットカバー2802と連結し、カセット本体2801とカセットカバー2802を連結する。また、テーブルロック爪3006はテーブル2806と連結し、マスクカセットエレベーター2805が上昇する際に、安定してカセット本体2801を搬送することを可能とする。この両者の爪3005、3006を駆動するレバー3007は、カセット台2803内にあるカセットロックユニット2807によって駆動する。従って、カセット本体2801がカセット台2803上にあるときのみ、レバー3007へカセットロックユニット2807は駆動伝達が可能である。

第31図は本発明のX線露光装置における主要なチャンパーの構成を示す図面である。本発明のX線

ブル2806内にあってもよい。但し、テーブル2806内に回転位置出し機構がある場合、エレベーター2805での回転ガク成分は、高精度に取り除かなくてはいけない。

次に、第30図でマスクカセット1310について説明する。この図において、3002はカセットステージマスクチャックを示す。カセットステージマスクチャック3002はカセットステージ3001内に埋め込まれており、本実施例では、マスク2を縦置に配置するため、縦向き方式を用いている。更に、カセットステージ3001はカセット本体2801内に放射状に配置されている。

3003、3004はそれぞれシールを示す。シール3003、3004はカセットカバー2802についており、カセット本体2801を閉塞するために設けられている。カセット本体2801とカセットカバー2802が結合すると、マスクカセット内は、これらのシール3003、3004によって実質的に密閉される。

第30図について説明する。3005はカバーロック爪、3006はテーブルロック爪、3007はレバー

露光装置において、マスク2、ウエハ3の保持機構、及びマスク2、ウエハ3両者の位置合せ機構、さらにマスク2、ウエハ3の搬送機構が所定の圧力に減圧したHe雰囲気中におかれる。以下に各チャンパーの構成を詳細に述べる。

メインチャンパー3101には、メインフレーム1701、AAフレーム2804及びそれらに固定されたステージ装置1301、ステージの計測光学系1312、プリ及びファイナライメントシステム1307、1302、マスク搬送装置1311、及びオリフラ検知ステージ1305が収納されている。メインチャンパー3101にはシャッターチャンパー3104、プリAAチャンパー3106、ウエハシエクスターチャンパー3107が接続され、さらに、マスクゲートバルブ（以下MKGV）3102を介してマスクチャンパー3103が接続されている。シャッターチャンパー3104には露光シャッター装置1308が収納され、Be窓3512を介してX線のミラーポート3105が接続されている。プリAAチャンパー3106には、プリアライメントシステム1307が収納されている。マス

クチャンパー3103には、インデクサー2810、エレベーター駆動ユニット2806を除くマスクカセットローダー1309が収納されている。ウエハイジエクターチャンパー3107にはX、 $\alpha$ の駆動ユニット2516、2516を除くウエハトラバーサー1304が収納されており、また、対向する位置に、ウエハロードゲートバルブ（以下WLG V）3108を介してウエハロードチャンパー3109、ウエハアンロードゲートバルブ（以下WUG V）3110を介してウエハアンロードチャンパー3111が接続されている。ウエハロードチャンパー3109とウエハアンロードチャンパー3111には、それぞれ供給エレベーター駆動部2804、回収エレベーター駆動部2809を除くオリフラ検知ステージ1303が収納されている。

本発明のX線露光装置においては、露光は減圧したHe雰囲気中で行われる。この場合、チャンパー内はいったん所定の真空度まで真空排気された後、露光時の所定の圧力までHeが充填されることになる。さらに、本発明においては、マスク2、ウエハ

3の搬送系を含む装置の大部分が、同一He雰囲気中に置かれる。本発明のX線露光装置においては、以下の条件を満足する必要がある。

①露光時の減圧He雰囲気の圧力及び純度が変動した場合、X線の透過率が変動し、露光量が変化する。したがって、露光中のHe雰囲気の圧力及び純度を高精度に管理・維持する必要がある。②マスクカセット1310あるいはウエハキャリア2501、2502を交換する際、装置全体を大気開放していたのでは、スループットが著しく低下する。したがって、第31図におけるマスクチャンパー3103、ウエハロードチャンパー3109及びウエハアンロードチャンパー3111はそれぞれメインチャンパー3101とは独立して大気開放、真空排気、He導入が可能とする必要がある。③さらに、光源であるSORからミラーを経て、Be窓3512までの雰囲気は超高真空であり、Be窓はHe雰囲気との圧力隔壁となっている。このBe窓はX線の吸収を考えれば、できる限り薄くしたい。従って、いかなる場合もBe窓の両側には露光時のHe圧力とミラー

ポート側の超高真空との数倍以上の圧力はかからず、なおかつ急激な圧力変動が生じない給排気系とする必要がある。

以上の3つの条件を満たす給排気系全体のブロック図を第32図に、ウエハロードロック部の詳細図を第33図に、マスクロードロック部の詳細図を第34図にメインチャンパーの圧力・純度維持及びBe窓まわりの詳細図を第35図に示す。以下に各部の説明を行う。

第33図はウエハロードロック機構の詳細図である。第31図で説明した様に、メインチャンパー3101にはウエハイジエクターチャンパー3107が接続され、ウエハイジエクターチャンパー3107にはWLG V 3108を介してウエハロードチャンパー3109が、またWUG V 3110を介してウエハアンロードチャンパー3111が接続されている。ウエハロードチャンパー3109、ウエハアンロードチャンパー3111には駆動部を除くウエハ供給回収エレベーター1303が収納されている。ウエハロードチャンパー3109、ウエハアンロードチャンパー3111には、

排気系として、それぞれ、ウエハロードバイパスバルブ（以下WLBP V）3301、ウエハアンロードバイパスバルブ（以下WUBP V）3302を介して、1~0.1 Torrまでの粗排気を行う粗排気油回転ポンプ（以下RORP）3303が接続され、ウエハロードメインバルブ（以下WLMNV）3304、ウエハアンロードメインバルブ（以下WUMNV）3305を介して、He置換に必要な所定の真空度までの排気を行う主排気ターボ分子ポンプ（以下MNTMP）3306が接続されている。さらに、ウエハロードチャンパー3109及びウエハアンロードチャンパー3111には、He、N<sub>2</sub>、Air給気系として、それぞれ、ウエハロードHe導入用バルブ（以下WLHe V）3308、ウエハアンロードHe導入用バルブ（以下WUHe V）3309を介してHeが、ウエハロードN<sub>2</sub>導入用バルブ（以下WLN<sub>2</sub> V）3310、ウエハアンロードN<sub>2</sub>導入用バルブ（以下WUN<sub>2</sub> V）3311を介してN<sub>2</sub>が、ウエハロードリークバルブ（以下WLL V）3312、ウエハアンロードリークバルブ（以下WUL V）を介してAirが、チャン

パー内に導入可能となっている。さらに、ウエハロードチャンバー3109及びウエハアンロードチャンバー3111には、それぞれ、ウエハロード圧力計3314、ウエハアンロード圧力計3315が接続され、各チャンバーの圧力を知ることができる。

以上の構成で、WLGVS108あるいはWUGVS110を閉じれば、ウエハロードチャンバー3109あるいは、ウエハアンロードチャンバー3111は、ウエハシエクターチャンバー3107とは切り離され、他のチャンバーとは独立して、真空排気及びHe、N<sub>2</sub>、Airの導入が可能となる。従って、例えば、ウエハロードチャンバー3109内のウエハキャリア2501を交換する場合、まずWLGVS108を閉じた後、WLN<sub>2</sub>V3310を開いてN<sub>2</sub>を760Torrまで導入する。その後、WLLVS3312を開いてAirを導入し、チャンバー内の圧力を装置周囲の大気圧と等しくして扉を開き、供給キャリア2501を交換する。交換終了後は、RORP3303により、例えば、0.1Torrまで粗排気後、MNTMP3306により所定の真空度まで排気する。その後、WLH<sub>2</sub>V3308

を用いて、所定の圧力までHeを充填した後、WLGVS108を開いて交換終了となる。ウエハアンロードチャンバー3111内のウエハキャリア2502を交換する場合も同様である。

以上の様に、ウエハキャリア交換の際、装置全体の雰囲気を変えることなく、必要最小限の大気開放で交換可能となる。

第34図はマスクロードロツク機構の詳細図である。第31図で説明した様に、メインチャンバー3101にはMKGVS102を介してマスクチャンバー3103が接続されている。マスクチャンバー3103には、インデクサ2810、エレベーター2805を除いたマスク供給回収エレベーター1306が収納されている。ウエハロードロツク機構において説明したのと同様に、マスクチャンバー3103には排気系としてマスクバイパスバルブ（以下MKBPV）3401を介して、大気圧から1〜0.1Torrまでの粗排気を行うRORP3303が接続され、マスクメインバルブ（以下MKMN<sub>2</sub>V）3402を介して、He置換に必要な所定の真空度までの排気を行うMNTMP3306

が接続されている。さらに、マスクチャンバー3103には、He、N<sub>2</sub>、Airの搬気系として、マスクHe導入用バルブ（以下MKHeV）3403を介してHeが、マスクN<sub>2</sub>導入用バルブ（以下MKN<sub>2</sub>V）3404を介してN<sub>2</sub>が、マスクリークバルブ（以下MKLV）3405を介してAirが、チャンバー3103内に導入可能となっている。

以上の様な構成でMKGVS102を閉じれば、マスクチャンバー3103はメインチャンバー3101とは切り離され、他のチャンバーとは独立して、真空排気及びHe、N<sub>2</sub>、Airの導入が可能となる。従って、マスクカセット1310を交換する際は、MKGVS102を閉じた後、MKN<sub>2</sub>V3404を開いて、N<sub>2</sub>を760Torrまで導入。その後、MKLV3405を開いて装置周囲の大気圧とチャンバー3103内の圧力を等しくし、扉3430を開き、マスクカセット1310を交換する。交換終了後は、RORP3303により、例えば0.1Torrまで粗排気後、MNTMP3306により所定の真空度まで排気する。その後、MKHeV3403を開いて、所定の圧力までHeを充填した後、MKGVS102

を開いて交換終了となる。以上の様に、本実施例によれば、マスクカセット1310の交換が装置全体の雰囲気を変えることなく必要最小限の大気開放で交換可能となる。

第35図は、メインチャンバー3101及びBe窓3512まわりの給排気系の詳細図である。

メインチャンバー3101には、メインチャンバーバイパスバルブ（以下MCBPV）3501を介して大気圧から1〜0.1Torrまでの粗排気を行うポンプRORP3303が接続され、メインチャンバーメインバルブ（以下MCMNV）3502を介してHe置換に必要な所定の真空度まで排気を行うポンプMNTMP3306が接続されている。さらに、給気系として、流量調節弁3503及びメインチャンバーHe導入用バルブ（以下MCH<sub>2</sub>V）3504を介してHeが、メインチャンバーN<sub>2</sub>導入用バルブ（以下MCN<sub>2</sub>V）3505を介してN<sub>2</sub>が、メインチャンバーリークバルブ（以下MCLV）3506を介してAirが導入可能となっている。

次に、露光時の圧力・純度管理について説明す

る。前にも述べたが、露光中のH<sub>2</sub>雰囲気圧力及び純度の変動によるX線透過率の変動をおさえるため、圧力・純度を高精度に維持する必要がある。従って、本実施例では、メインチャンバー3101内にもれ込む不純ガスによるH<sub>2</sub>純度の低下を補うように一定量のH<sub>2</sub>を流し続けると共に、圧力の変動をバルブの開度を定めることにより一定に保つようにする。第35図において示す様に、メインチャンバー3101には、前にも述べたH<sub>2</sub>置換用の2つのポンプ、RORP3303、MNTMP3306の他に、露光中のH<sub>2</sub>雰囲気圧力維持のために、ガスコンコントロールバルブ(以下GCCV)3507及びガスコンメインバルブ(以下GCMV)3508を介して、ガスコン油回転ポンプ(以下GCRP)3509が接続されている。また、メインチャンバー3101にはメインチャンバー圧力計3510が接続されている。ガスコンコントローラ3511はメインチャンバー圧力計3510の信号により、バルブGCCV3507の開度を変化させ、メインチャンバー3101内の圧力を維持する。

状態にすることが可能な構成となっている。この構成により、装置立上げ時に、大気圧から真空を経て、H<sub>2</sub>を所定の圧力まで充填する場合や、メインチャンバー3101やB<sub>2</sub>室3512をメンテナンスする時に、装置を大気開放する場合に第1B<sub>2</sub>BPV3513を開いておけば、B<sub>2</sub>室3512に差圧をかけることなく、真空排気あるいは大気開放が可能となる。

さらに、露光時、B<sub>2</sub>室3512の片側に圧力がかかった状態、つまりメインチャンバー3101内が大気圧以下に減圧したH<sub>2</sub>で、ミラーポート3105が真空の状態では、B<sub>2</sub>室3512は差圧を受けてかなり大きくたわんでおり、第1B<sub>2</sub>BPV3513を開いて、急にB<sub>2</sub>室3512の差圧を解除したのでは、B<sub>2</sub>室3512に与えるダメージが大きい。従って、第1B<sub>2</sub>バイパス管3520と並行して、第1B<sub>2</sub>BPV3513の両側を繋ぐ様に、液体抵抗の大きなB<sub>2</sub>コンダクタンス管3515及び第2B<sub>2</sub>バイパスバルブ(以下第2B<sub>2</sub>BPV)3514を備えた第2B<sub>2</sub>バイパス3521を接続する。第35図の構成において、B<sub>2</sub>室3512

次に、B<sub>2</sub>室3512からミラーポート3105までの吸排気系について説明する。第35図に示す様に、メインチャンバー3101からSORへ向って、シャッターチャンバー3104、B<sub>2</sub>室3512、ミラーポート3105、第1ミラーポートゲートバルブ(以下第1MPGV)3516、第2ミラーポートゲートバルブ(以下第2MPGV)3517が順に接続されている。第2MPGV3517の先は第1図に示すようにビームダクト121を介してミラーユニット101に接続されている。B<sub>2</sub>室3512は、X線の吸収を考えると可能な限り薄いことが望ましい。前述した様に、本発明のX線露光装置は露光時にチャンバー3101内に大気圧以下に減圧したH<sub>2</sub>を充填する。従って、B<sub>2</sub>室3512を極力薄くするには、B<sub>2</sub>室3512がうける差圧は、露光時の減圧H<sub>2</sub>の圧力以上かからないようにすることが望ましい。第35図に示すとおり、本実施例では、ミラーポート3105とメインチャンバー3101とを、第1B<sub>2</sub>バイパスバルブ(以下第1B<sub>2</sub>BPV)3513を備えた第1B<sub>2</sub>バイパス管3520で繋ぎ、B<sub>2</sub>室3512の両側を通過した

の両側を通過させて差圧をなくす場合は、まず、第2B<sub>2</sub>BPV3514を開いて徐々に差圧を解除し、その後第1B<sub>2</sub>BPV3513を開いて完全に差圧を無くす。

また、第35図に示す様に、第1MPGV3516の両側は、ミラーポートバイパスバルブ(以下MPBPV)3518を備えたミラーポートゲートバルブバイパス管3522で接続している。従って、露光を長時間行わない場合は、第1MPGV3516を閉じ、バルブMPBPV3518を開いて、ミラーポートの真空度を確保し、尚かつメインチャンバー3101の突発のリークによるB<sub>2</sub>室3512の破壊によって生じるSOR側への影響を極力小さくする構成とする。

次に、本実施例の電気制御系を説明する。第36図において、3601は各制御情報の表示、入力および蓄積をするところのコンソールユニット、3602は露光装置全体のシーケンスを中央制御するところのメインユニット、3603はウエハ3およびマスク2の搬送を制御するところの搬送ユニット、3604は露光装置の主たる機能であるスタンプ露光とア

ライメントを制御するところの本体制御ユニット、3605は露光装置を最適な温度、気圧、ガス雰囲気下におくための制御をするところの環境制御ユニット、3606は露光に供するX線をマスク面に照射するためのX線ミラーの制御をするところのミラー制御ユニット、3607はユニット相互の通信を中継、交換するところのネットワークコントローラ、3608a~3608fは、ユニットとネットワークコントローラ3607とを結ぶ通信路である。

第37図にコンソールユニット3601を詳細に示す。この図において、3701は露光装置の制御にかかわる各種のデータの表示と入力をするところのターミナル、3702は露光装置の制御にかかわる各種のデータを蓄積、保存しておくところである記憶装置、3703は本コンソールユニット3601を中央制御するところのミニコンピュータ本体、3704は通信路3608aを介して他のユニットと通信するためのネットワーク・インターフェイスである。

第38図にメインユニット3602を詳細に示す。この図において、3801は本メインユニット3602

の中央制御をするところのメインプロセッサ、3802は露光装置と操作者とのインターフェイスをするところのパネルスイッチ、3803は通信路3608bを介して他のユニットと通信するためのネットワーク・インターフェイスである。

第39図は本体制御ユニット3604のブロック図である。本ブロックはアライメント系に関して、4つのピックアップ2401(第24図参照)を2軸方向( $\alpha$ 軸、 $\beta$ 軸)に位置決め制御するピックアップステージ制御部3906、ウエハ3をブリアライメント、ブリアフするためのブリアA.A.F制御部3907、ウエハ3とマスク2の平面上の位置ずれおよび平行出しを行うためのファイナA.A.F制御部3910a~d、露光シャッター装置1308(第13図参照)所定の補正駆動パターンで駆動するためのシャッター制御部3913、ウエハX、Y駆動ステージ1710、1705(第17図参照)、およびウエハ駆動ステージ1809(第18図参照)を位置決め制御するためのステージ制御部3918、ならびに、第1X線検出部3914、第2X線検出部3915を

有する。さらには、X線1に対する露光ユニット102の姿勢を一定に保つ様制御する除塵系制御部3905が接続されている。本体コントロールユニット3902は所定のシーケンスを行うプログラムがストアされており、このシーケンスに従って上記各制御部を動作させるコントロール部分である。また、本体コントロールユニット3902は上位のメインユニット3602と通信路3608d、通信I/F3901を介して接続されており、データの授受を行う。前出の各制御部のうち除塵系制御部3905は、通信I/F3903bを有していて、本体コントロールユニット3902側の通信I/F3903と通信路3904を介して接続されている。本構成により各制御部を独立動作かつ階層化させることが可能である。

以上の構成は、ファイナA.A.F制御部3910に関する各通信I/F3908a、bおよび通信路3909、シャッター制御部3913に関する各通信I/F3911a、bおよび通信路3912、およびステージ制御部3918に関する各通信I/F3916a、bおよび通信路3917

に関してすべて同様である。なお、本体コントロールユニット3902とのデータ授受に関しては、ピックアップステージ制御部3906では4つのピックアップステージ2411の各々の駆動量がダウンロードされる。ブリアA.A.F制御部3907ではブリアFにて計測されるギャップ値とブリアAにて検出されるブリアライメントマークの中心位置が、また、ファイナA.A.F制御部3910a~dではマスク2とウエハ3のずれ量( $\Delta X_0$ 、 $\Delta X_1$ 、 $\Delta X_2$ 、 $\Delta X_3$ )、( $\Delta Y_0$ 、 $\Delta Y_1$ 、 $\Delta Y_2$ 、 $\Delta Y_3$ )、およびギャップ量( $Z_0$ 、 $Z_1$ 、 $Z_2$ 、 $Z_3$ )が本体ユニットコントローラ3902へアップロードされる。シャッター制御部3913ではシャッター駆動テーブルがダウンロードされ、ステージ制御部3918では駆動、微動ステージ、マスクステージの各軸の駆動量が本体コントロールユニット3902からダウンロードされる。

次に、第1X線検出部3914については、露光シャッター装置1308の構成品であるX線照度計1541からの出力を増幅して、X線照度値を本体

コントロールユニット3902にうけ渡す。同様に、第2X線検出部3915については、ウエハ搬送ステージ1899上に設置されたX線ディテクター1851で計測されるX線強度を入力して増幅し、X線強度値を本体コントロールユニット3902にうけ渡す。また、除塵系制御部3908は、設定された露光ユニット102の姿勢が所定の許容値からはずれた場合に、本体コントロールユニット3902へ異常通知を発する。

第39図におけるファインAA、AF制御部3910a～dを詳細に説明する。なお、4ブロックあるファインAA、AF制御部3910a～dは、同一構成を有するので、以下の説明ではひとつのブロックについて説明する。

第40図はファインAA、AF制御部3910a～dの構成を示す図である。本図の光学系のブロックは第23図を省略した図である。

第40図において、3909は第39図における本体コントロールユニット3902と通信する通信線、3908bは通信線3909から送られる命令を受け

アライメント情報やギャップ情報を通る通信1/F、4004は通信1/Fから命令を受けアライメント計画やギャップ計画を行う信号を作り、そしてアライメント情報やギャップ情報を通信1/F3908bに通るファインAA、AFインターフェイス部、4001はファインAA、AFインターフェイス部4004が決定する光出力で半導体レーザ2301を駆動するファインAA、AFレーザダイオード駆動部、2301は発光素子である半導体レーザ、2302は半導体レーザ2301から出力される光束を平行光にするコリメータレンズ、2307は半導体レーザ2301から出力される投光ビーム、4006はマスク2上に金等で半導体回路パターンと共に書かれているAFマーク、4007aはマスク2上に金等で半導体回路パターンと共に書かれているマスク上AAマーク、4007bはウエハ3上に前露光ショットで半導体回路パターンと共に半導体プロセスで焼かれているウエハ上AAマーク、2308はマスク上AAマーク4007aとウエハ上AAマーク4007bそしてAFマーク4006とウエハ3により構成される光学系によって、アラ

イメント情報及びギャップの情報をもった受光ビーム、4005aはマスク上AAマーク4007aとウエハ上AAマーク4007bにより構成される光学系によって得られるアライメント情報を持った光束であるAAスポット、4006bはマスク上AFマーク4006とウエハ3により構成される光学系によって得られるギャップ情報を持った光束であるAFスポット、2321はアライメント情報を持った光束であるAAスポット4005aを受光し電気信号に変換する例えばCCD等のラインセンサであるAAセンサ、2322はギャップ情報を持った光束であるAFスポット4006bを受光し電気信号に変換する例えばCCD等のラインセンサであるAFセンサ、4002aはAAスポット4005aを受光し電気信号に変換するAAセンサ2321の出力を増幅するブリアンプ、4002bはAFスポット4006bを受光し電気信号に変換するAFセンサ2322の出力を増幅するブリアンプ、4003はAAセンサ2321の出力を増幅するブリアンプ4002aの出力を処理しアライメント情報を計算しそしてさらにAFセンサ2322の出

力を増幅するブリアンプ4002bの出力を処理しギャップ情報を計算するファインAA、AF信号処理部である。

第40図において、アライメント情報（マスクとウエハずれ）は以下のように求めることができる。ファインAA、AFレーザダイオード駆動部4001は、ファインAA、AFインターフェイス部4004により設定される光出力で半導体レーザ2301をAAセンサ2321が飽和しない範囲の十分大きな光出力で駆動する。そして、半導体レーザ2301を照射した光束は、コリメータレンズ2302通過後、投光ビーム2307となりマスク上AAマーク4007aを通過しウエハ上AAマーク4007bで反射され受光ビーム2308となりAAスポット4005aとしてAAセンサ2321に入射する。

ダブルグレーティング物理光学素子となるマスクAAマーク4007aとウエハAAマーク4007bはマスク2とウエハ3の間のずれを、例えば100倍に拡大してAAスポット4005aのずれ（位置）とする事ができる。AAスポット4005aを受光し

たAAセンサ2321の出力は、プリアンプ4002aで増幅されファインAA.AF信号処理部4003に入力される。ファインAA.AF信号処理部4003は、AAセンサ2321に入射したAAスポット4005aの位置をその重心を利用して求める。そして、AAスポットの重心のずれ(位置)を例えば1/100倍することによりマスクAAマーク4007aとウエハAAマーク4007bすなわちマスク2とウエハ3とのずれを求める。

つぎに、ギャップ情報は、第40図において以下のように求めることができる。ファインAA.AFレーザダイオード駆動部4001は、ファインAA.AFインターフェイス部4004により設定される光出力で半導体レーザ2301をAFセンサ2322が飽和しない範囲の十分大きな光出力で駆動する。そして半導体レーザ2301を射出した光束は、コリメータレンズ2302通過後、投光ビーム2307となりAFマーク4006を通過しウエハ3で反射され受光ビーム2308となりAFスポット4005bとしてAFセンサ2322に入射する。

1/F3908bと通信線3902を通じて本体コントロールユニット3902に送信する事ができる。

第41図はプリAA.AF制御部3907のブロック図である。本ブロックはプリAF制御系、プリAA制御系より構成されている。プリAF制御系に関して、レーザダイオード2119(第21図参照)の発光光量は、プリAFインターフェイス部4101からのレーザダイオード駆動部4102への電圧設定により決定される。PSO2124(第21図参照)はウエハ3からの反射光を受光する。その出力はセンサ入力部4103において増幅される。プリAFインターフェイス4101は、その出力に基づいたウエハ3の位置に相当するギャップ値を上位の本体コントロールユニット3902にうけ渡す。

次に、プリAA制御系においては、プリAAインターフェイス部4104においてハロゲンランプ4107の光量を設定して、ハロゲンランプ駆動部4106よりランプ電圧を出力する。ハロゲンランプ4107の光は光ファイバー2101(第21図参照)を通してウエハ3に照射され、ウエハ3で反射されたプリア

マスク2上に2種類のグレーティングレンズとして構成されたマスクAFマーク4006は、マスク2とウエハ3との面間隔を、例えば15倍に拡大してAFスポット4005bのずれ(位置)とする。AFセンサ2322の出力はプリアンプ4002bで増幅されファインAA.AF信号処理部4003に入力される。ファインAA.AF信号処理部4003は、AFセンサ2322に入射したAFスポット4005bの位置をその重心を利用して求める。そして、AFスポット4005bの重心の位置を例えば1/15倍することによりマスクAFマーク4006とウエハ3すなわちマスク2とウエハ3の面間隔を求める。

ファインAA.AF信号処理部4003は、アナログ回路で実現しても良いし、プリアンプ4002a、4002bの出力をアナログデジタル変換器(図示せず)でデジタル化した後でマイクロコンピュータ等でデジタル処理しても構わない。また、ファインAA.AFインターフェイス部は、本体コントロールユニット3902の指示により、アライメント情報やギャップ情報を求め、必要に応じて通信

ライメントマーク7503あるいは7504(第75図参照)の像は、白黒カメラ2117で撮像される。白黒カメラ2117からのビデオ出力は、TVプリAA信号処理部4106へ入力される。ここでは、対物レンズ2106を基準位置としてプリアライメントマークの中心位置を画像処理により検出する。中心位置はプリAAインターフェイス部4104を介して本体コントロールユニット3902にうけ渡される。

第42図は、第24図にて掲載の $\alpha$ 方向アクチュエータユニット2415及び $\beta$ 方向アクチュエータユニット2413をコントロールする電気ブロックと、ピックアップ2401のメカクランプを制御する電気ブロックを示している。

第39図にて掲載のピックアップステージ制御部3906は、ピックアップステージコントロールユニット4201~4(4基分)と、ピックアップヘッドクランプ制御部4205より成っている。ピックアップステージコントロールユニット4201~4は、 $\alpha$ 方向、 $\beta$ 方向アクチュエータユニット2415、2413

のドライバである $\alpha$ 軸駆動部4206a~d、及び $\beta$ 軸駆動部4207a~dに対して、駆動距離に相当するパルス数を出力する機能、及び両パルスの払い出しのタイミングを、本体コントロールユニット3902から転送された目標位置からピックアップ2401に衝撃を与えないような台型駆動パターンとして作成する機能を有している。

$\alpha$ 軸駆動部4206a~d及び $\beta$ 軸駆動部4207a~dは、DCモーター用のドライバであって、本体コントロールユニット3902からの指令によりサーボループを切ったりする事も可能である。ピックアップヘッドクランプ制御部4206は、ピックアップ2401のピッチング、ローリングによる位置制御誤差を抑制する目的でピックアップ基準部2402に押しつける為に用いるアクチュエータの駆動部4208、及びこの状態の確認を行うためのセンサ部4209により成っている。本実施例に関しては、第24図の説明において既述の通り、ピックアップ2401の押しつけについて操作する圧縮空氣の不図示の電磁弁は、4基のピックアップステー

ジ2411について1個である。これに対し押しつけ状態確認のためのセンサ(不図示)は、ピックアップステージ各基について装備されているので、センサ部4209は合計4チャンネルの入力を有している。

第43図は第15図において掲載のメインシャッターユニット1501、補助シャッターユニット1502、及びX線強度計1541を搭載したキャリッジ1542を位置決めするアクチュエータユニット1547を制御する電気ブロック図である。シャッター制御部3913は第39図中に提示した本体コントロールユニット3902により通信1/F3911a、bを介して制御され、専用のCPU4307も備えている。均一露光量を実現するためのシャッター駆動テーブルは、ソーステーブルメモリ4308に格納されている。CPU4307はソーステーブルメモリ4308に格納されているシャッター駆動テーブル群より適切なシャッター駆動テーブルを選択し、パルスジェネレータ4301、2内の駆動テーブルメモリ部4402(第44図参照)に転送する。この転送の過

程において、CPU4307はシャッター駆動テーブルに対し数値的な処理を加える事も可能である。パルスジェネレータ4301とパルスジェネレータ4302はCPU4307より見たアドレス配置が異なるのみであり、同一の機能を有している。

パルスジェネレータ4301、2の駆動テーブルメモリ部4402に転送されたシャッター駆動テーブルは、CPU4307からの起動命令により、読み出しが開始され、メモリデータ値に比例したパルス間隔の出力パルスが、シャッター用のアクチュエータドライバであるメインシャッター駆動部4303及び補助シャッター駆動部4304に対して送り出される。出力されるパルスとパルスの間隔は駆動テーブルメモリ部にストアされたデータの1ワードの内容に相当する。このためメインシャッター駆動部4303や補助シャッター駆動部4304に用いるアクチュエータドライバ内に過りパルスが発生する事は好ましくない。従って、両ドライバとしては、例えばマイクロステップパルスモータードライバ、又はPLL方式DCモータードライバ等を使用する。

本実施例においてはアクチュエータとして5相マイクロステップパルスモーターを用い、ドライバとして5相マイクロステップパルスモータードライバを用いている。

シャッターポジション信号入力部4305は、第15図におけるフォトインタラプタ1537、タイミングセンサ1536等の信号を取り入れるインターフェイスである。この信号を取り込む事によりCPU4307はスチールベルト1513、1517の位置を把握するので、駆動ドラム1511、1515とスチールベルト1513、1517間のずれによる誤差が累積されることがない。X線ディテクタキャリア制御部4306は、第15図におけるX線強度計1541を搭載したキャリッジ1542を位置制御するためのアクチュエータユニット1547を制御する電気ブロックである。

第44図は第43図にて掲載のパルスジェネレータ4302の回路ブロック図である。パルスジェネレータ4302はシャッター制御部3913内のCPU4307とバスライン4401を共有する。駆動テーブルメ

メモリ部4402は、CPU4307によってソーステーブルメモリ4308から転送されたシフター駆動テーブルを格納する場所である。命令コードメモリ部4404は、シフター駆動テーブル読み出し命令とかパルス払い出し停止といった動作モードを命令コードとしてプログラムする場所である。命令コードはCPU4307がPI/O4405より出力するトリガ及び通称座標メモリ部4403にストアされた通称座標値に現在位置カウンタのカウント値が達した時に出力される一致信号4418により、新たなものがフェッチされる。インストラクションカウンタ4410はこれらのトリガ信号及び一致信号4418をカウントし、そのカウント値を通称座標メモリ部4403と命令コードメモリ部4404のフェッチアドレス4416として供給する。インストラクションデコード4408は命令コードメモリ部4404より出力される命令コード4417をデコードし、パルス発生ロジック4407を制御する制御線4414をドライブする。パルス発生ロジック4407は、本実施例においては、16bitのダウンカウン

タとランダムロジックにて構成されている。発振回路4406は上記16bitダウンカウンタのクロックとして使われている。ダウンカウンタがディクリメントを続けて「0」になると、次のクロックで駆動テーブルメモリから16bitのシフター駆動テーブルデータ4411がロードされると同時に、アクチュエータドライバに供給されるREF信号4412が出力される。

現在位置カウンタ4409は、パルス発生ロジックから出力されるREF信号4412とPI/Oから出力される方向指示信号(DIR信号)4420より、駆動対象物の位置をカウントする。このカウント値は駆動テーブルメモリ部4402の読み出しアドレス4413として出力され、さらに通称座標メモリ部4403から出力される通称座標データ4415とコンパレートされ、一致/不一致出力4418をインストラクションカウンタ4410のカウントアップクロック4418として出力する。PI/O4405からの出力4419は命令コードのフェッチアドレスを進めたり、パルス出力を異常停止させたり、イ

ンストラクションカウンタ4410や現在位置カウンタ4409のカウント値をリセットする制御線を与える。又、同PI/O4405の入力線より現在位置カウンタ4409のカウント値やインストラクションカウント値及びパルス発生ロジック4407のステータスをバスライン4401を通してCPU4307側に読み込む事が可能である。

第45図のステージ制御部3918は、第17図に示すステージユニットを位置決め制御するためのもので、ステージの位置と姿勢の補正計算、シーケンス動作制御等の演算、データ処理、通信を行う。このステージ制御部3918は、CPU4501、メモリ4502、本体コントロールユニット3902と相互にデータ、コマンド、ステータス等のやり取りを行うために通信路3917を介して接続される通信インターフェイス3916b(第39図参照)と、ステージ各軸の位置決め精度、時間、現在位置モニター等を行う計測コンピュータ4505を接続するIEEE488インターフェイス4504aと、レーザ測

長器4513a、bのステータス等を通信するためのIEEE488インターフェイス4504bと、ステージのチルト成分 $\omega x$ 、 $\omega y$ をレーザ測長器4513bから読み込むためのレーザ測長器インターフェイス4506a、bと、X電動シリンダ1712とY電動シリンダ1707(第17図参照)を制御指令する駆動コントローラ4507a、bと、Z・チルト駆動用インテーム1813(a、b、c)、 $\theta$ 駆動インテーム用ピエゾ素子1815、マスク $\theta$ ステージ1999の制御指令するパルスジェネレータ4508a~dと、微動ステージ1899を位置決め制御するサーボコントローラ4509a、b、cと、駆動ステージ1705の重力補償を行うためのバランス用圧力指令ボード4510から構成されるステージコントロールユニット3918aと、電動シリンダ1712、1707を駆動するDCモータドライバ4514a、bと、Z・チルト用インテーム1813(a、b、c)、 $\theta$ 駆動インテーム用ピエゾ素子1815、マスク $\theta$ ステージ1999の位置フィードバック制御を行うためのインテームコントローラ4515a~dと、微動ステージ1899を制御する

補償回路を含むピエゾコントローラ4516a、b、cから構成される補償回路ユニット3918bと、Xレーザ測長系のレーザ光が切れた時に使用する光学スケール4523用の光学スケールブリアンプ4522と、Z・チルト制御用変位センサ1820(a、b、c)、マスクθステージ用変位センサ1906、θ駆動用変位センサ4527用の微小変位センサアンプ4518と、Z・チルト駆動用インテグレートドライバ4517a、b、cと、X、Y、θ駆動ステージ駆動用ピエゾ素子1811、4528、1812およびマスクθステージ駆動用ピエゾ素子1909を駆動するピエゾドライバ4519a～dと、θ駆動インテグレート用ピエゾ素子1814、1815、1816を駆動するインテグレートドライバ4520とX、Y駆動ステージをロックするロックピエゾ素子4526a、bを駆動するロック用ピエゾドライバ4521と、バランスレリンド1709のエア圧力制御を行うために圧力センサ4512a、サーボ弁4512bを入力出力とする圧力コントローラ4511から構成されるセンサアンプドライバ

Z・チルト制御において、レーザ測長器4513bはレーザ測長器インターフェイス4506a、bを用いてチルト成分( $\omega_x$ 、 $\omega_y$ )のモニターに使用される。Z・チルト量が指定されると、CPU4501は3本のインテグレート1813a、b、cの各々の駆動量の計算を行い、3本のインテグレートを同時動作する。ここではインテグレート1813aの動かし方について説明する。計算された駆動量はパルスシエネレータ4508aにより、パルス列(数)に変換され、インテグレートコントローラ4516aに伝達される。インテグレートコントローラ4516aは、Z・チルト制御用変位センサ1820aの出力による微小変位センサアンプ4518からのステージ位置入力をA/D変換し、指令パルスのカウント値を比較し、偏差分に相当するパルスをインテグレートドライバ4517aに出力し、Z・チルト駆動用インテグレート1813aを駆動する。また、フォトインタラプタ4528aはメカのオーバーランを防ぐために用いられるもので、インテグレートコントローラ4516aにインターロックとして入っている。

ユニット3918cを有する。

X方向の位置決めは以下のように制御される。本体コントロールユニット3902から通信インターフェイス3916bを通して移動指令が与えられると、CPU4501はサーボコントローラ4509aを通じて現在位置を求め、目標位置との差分をX駆動コントローラ4507aに指令する。これと共にピエゾコントローラ4516aにピエゾ中間位置指令を出す。X駆動コントローラ4507aは移動距離に応じた加速減速曲線、送り速度でDCモータードライバ4514aに指令パルスを出し、X電動シリンダ用モータ1712を駆動する。X電動用駆動モータ1712の停止後、サーボコントローラ4509aは偏差値をピエゾコントローラ4516aに指令し、位相補償された出力がピエゾドライバ4519aに入力される。高圧アンプであるピエゾドライバ4519aは電圧増幅され、X駆動用ピエゾ素子1811を伸縮させて、X方向の位置決めを行う。Y方向も同様である。またθ方向は駆動作がないがピエゾ素子1812による微動動作は同じである。

第46図は、搬送ユニット3603(第36図参照)の電気ブロック図を示す。搬送ユニットは通信路3608cを介して上位メインユニット3602とのデータ授受を行う通信I/F4604と、搬送系コントロールユニット4601によってウエハ搬送系及びマスク搬送系、そしてウエハ3とマスク2の各サブチャンパ供給排気系とゲート弁の制御を行なっている。

まずウエハ搬送においては、供給・回収キャリア2501、2502内に収納されているウエハ3を搬送させるため供給エレベータ駆動部2504のアクチュエータを駆動するY軸駆動部4603と、供給キャリア2501内のウエハ有無を検知するウエハ有無検知部4604とがある。これらは、ウエハ供給キャリアエレベータインターフェイス部4602を介して、Y軸駆動部4603は搬送系コントロールユニット4601からの指令に対応したアクチュエータの駆動量コントロールを行い、ウエハ有無検知部4604はその有無信号をセンサ信号として搬送系コントロールユニット4601とのインターフェ

イスを行う。又、給付部光が終了したウエハ3をキャリア2501、2502内に回収するために、回収エレベータ駆動部2509のアクチュエータを駆動するY軸駆動部4606と回収キャリア2502内のウエハ有無を検知するウエハ有無検知部4607とがある。これらはウエハ供給側と同様に、ウエハ回収キャリアエレベータインターフェイス部4605を介して、搬送系コントロールユニット4601の指令に対応したアクチュエータの駆動量コントロールと、ウエハ有無番号をセンサ信号として搬送系コントロールユニット4601とのインターフェイスを行う。

次に、ウエハ3を供給キャリア2501から取り出したり、回収キャリア2502に収納する搬送手段となるイジエクタ1304(第13図参照)を説明する。イジエクタ1304は、まず対向しているウエハ供給キャリア2501とウエハ回収キャリア2502に対して施回駆動を行うアクチュエータであるイジエクタ $\omega$ 駆動部2515を駆動する $\omega$ Y軸駆動部4609と、イジエクターハンド2512に

よってウエハ3を水平状態から垂直状態にするアクチュエータであるイジエクター $\omega$ X駆動部2514を駆動する $\omega$ X軸駆動部4610と、ウエハ供給或は回収位置よりオリフラ検知チャック2521位置までウエハ3を搬送するアクチュエータであるイジエクタX駆動部2518を駆動するX軸駆動部4611、更にイジエクタハンド2512によってウエハ3をオリフラ検知チャック2521に吸着させる場合や、オリフラ検知チャック2521上にあるウエハ3をイジエクターハンド2512に保持させる場合のアクチュエータであるイジエクタZ駆動部2519を駆動するためのZ軸駆動部4612を有している。これらの駆動部は搬送系コントロールユニット4601からの指令によってウエハイジエクタインターフェイス部4608が指令値に対応した各軸の駆動量のコントロールを行なっている。

オリフラ検知インターフェイス部4614は、オリフラ検知Xステージ2527のアクチュエータであるオリフラ検知X駆動部2526を駆動するX軸駆動部4615と、オリフラ検知Yステージ2529

のアクチュエータであるオリフラ検知Y駆動部2528を駆動するY軸駆動部4616と、オリフラ検知Zステージ2523のアクチュエータであるオリフラ検知Z駆動部2522を駆動するZ軸駆動部4617の3軸の駆動部からなっている。これらの駆動部はオリフラ検知インターフェイス部4614からの駆動部コントロール信号をうけて駆動を行う。又、オリフラ検知チャック2521上にあるウエハ3をラインセンサ2525と各軸駆動を行なって、ウエハ3を所定基準位置へ移動させるオリフラ検知6802のシーケンスにおいて、ラインセンサ2525のセンサ出力を、ウエハ3の外周位置情報として処理するためのオリフラ検知センサ信号処理部4618を有している。従ってオリフラ検知インターフェイス部4614は各軸駆動量コントロールの他にオリフラ検知センサ信号処理部4618からのウエハ外周位置に相当する信号を搬送系コントロールユニット4601で行われるオリフラ検知6802のデータ伝送や指令の授受を行う機能をもっている。

オリフラ検知シーケンスで位置決めされたウエハ3は、ウエハトラバース1305によってウエハステージ1899に搬送される。第25図も参照して、4621はロードハンド2530によってオリフラ検知チャック2521上にあるウエハ3を保持するためや、アンロードハンド2531上に保持しているウエハ3をオリフラ検知チャック2521上に吸着させるためにロードハンド2530及びアンロードハンド2531をオリフラ検知チャック2521上で移動させるためのアクチュエータのトラバースZ駆動部2534を駆動するZ軸駆動部、4622はウエハチャック1807上にあるウエハ3をロードハンド2530もしくはアンロードハンド2531上に保持するためにウエハチャック1807上で移動させるためのアクチュエータであるトラバースZ $\omega$ 駆動部2535を駆動するZ軸駆動部、更に4620はウエハチャック1807上或は、オリフラ検知チャック2521上にあるウエハ3をロードハンド2530或はアンロードハンド2531に保持し、ウエハチャック1807或はオリフラ検知チャック2521上に

搬送するためのアクチュエータであるトラバースX駆動部2538を駆動するX軸駆動部である。これから駆動部はウエハトラバースインターフェイス部4619で搬送系コントロールユニット4601からの指令データを授受し、各軸の駆動量コントロールを行う機能を備えている。

ウエハ3を搬送する際に、ウエハ3を保持するためにエアーによる真空吸着が行なわれている。ウエハ搬送系においては、イリエクターハンド2612、オリフラ検知チャック2521、ロードハンド2530、アンロードハンド2531更にウエハチャック1807で用いられている。これらはウエハチャック制御部4624によってウエハ3の受渡しの際などに真空吸着のON/OFFの制御が行われる。又、各々のウエハ保持部はウエハ3を保持しているか否かの吸着検知機能を備えている。これらはすべて吸着検知部4625によって、検知される。従ってウエハチャックインターフェイス部4623は、ウエハ搬送のシーケンスに伴った搬送系コントロールユニット4601からの指令によってウエハチャック

ク制御部4624に制御信号を送ったり、吸着検知部4625からの検知信号をうけて搬送系コントロールユニット4601へデータ転送する機能を備えている。

次に第28図も参照して、マスク搬送系の電気ブロック図の説明をする。マスク搬送系においては、マスクカセット1310をマスクチャンバ3103内のカセット台2803に設置し、テーブル2806とカセット本体2801を連絡させて所定の基準位置まで移動させるためのカセットエレベータモータ2812を駆動させるためのY軸駆動部4628と、所定の基準位置に移動したカセット本体2801において所望のマスク2をマスクハンド2602で搬出するためにカセット本体2801を回転させるためのアクチュエータのインデクサ2810を駆動するためのω<sub>y</sub>軸駆動部4627と、マスクチャンバ3103内に設置したマスクカセット1310をカセット本体2801とカセットカバー2802とを分離し、カセット本体2801をテーブル2806とのロックを行なうためのカセットロック制御部4629が

設けられている。従って、マスクカセットローダインターフェイス部4626は、Y軸駆動部4627及びω<sub>y</sub>軸駆動部4628に対し、搬送系コントロールユニット4601からの指令による駆動量コントロールを行い、それに伴うマスクカセット本体2801のロック信号及びロック解除信号を出力する機能を有している。

次にマスクローダにおいては、第26図も参照して、マスクチャンバ3103内にあるカセット本体2801に設置されているマスク2をマスクステージ1901に設置するために、マスクハンド2602によってカセット本体2801内のマスク2を把持しトラバースユニット2001を移動させる。このトラバースユニット2001を移動させるためのアクチュエータであるトラバース機モータ2605を駆動するためにX軸駆動部4631と、トラバースユニット2001を所定の位置に移動させた後、アームユニット2603を180°回転させるためのアクチュエータのアーム回転用モータ2707を駆動するω<sub>x</sub>軸駆動部4632と、マスクハンド2602が

マスクカセット本体2801内のマスク2を把持する時と、マスクステージ1901にマスク2を設置する時にマスクハンド2602を上下動させるためのアクチュエータであるハンド上下用モータ20の駆動を行うω<sub>z</sub>軸駆動部4633の各軸駆動部を有している。又、これらの各軸の駆動量はマスクローダインターフェイス部4630でコントロールされる。マスクローダインターフェイス部4630は搬送系コントロールユニット4601から指令されるマスクローダの各軸の移動命令を駆動量としてコントロールをする機能をもつ。

マスク2をマスクステージ1901に設置する場合や、カセット本体2801内に設置する場合に、常に一定の突当力をもってマスク2を設置するためにマスクハンド2602内に突当センサ2705(第27図参照)は用いられている。この突当センサ2705は、マスクステージ1901或はカセット本体2801内のマスク2に対してマスクハンド2602を把持する際に、マスクハンド2602とマスク2との突当力を検知することでX軸駆動部4631の駆動量の

制御を行うため、実効センサ制御部4636では実効センサ2708からのセンサ信号をモニタリングし、実効力を電気信号としてマスクハンドインターフェイス部4635に出力している。従ってマスクハンドインターフェイス部4635は、実効センサ制御部4636からの実効力信号を搬送系コントロールユニット4601にデータとして転送する機能を有している。

続いて、ウエハロードアンロード、チャンパー3109、3111（第31図参照）の給排気制御についてのブロック図について説明する。ウエハロードアンロード、チャンパー3109、3111は、ウエハロードチャンパー給排気インターフェイス部4639とウエハロードチャンパー給排気インターフェイス部4642に分けられる。前記2つのインターフェイス部は搬送系コントロールユニット4601からの指令に基づいて、各バルブの駆動と、圧力計の圧力値を入力し、搬送系コントロールユニット4601とデータの授受を行う機能を備えている。まずウエハロードチャンパー3109はバルブ駆動

部4640と圧力計入力部4641を有しており、バルブ駆動としては、第33図に示す、ウエハロードチャンパーリークバルブ3312、ウエハロードN<sub>2</sub>導入用バルブ3310とウエハロードH<sub>2</sub>導入用バルブ3308、ウエハロードメインバルブ3304とウエハロードバイパスバルブ3301の各々のON/OFF制御を行なっている。又、圧力計入力部4641においては、ウエハロード圧力計3314によってウエハロードチャンパー3109内の圧力値を計測し、圧力計入力部4641において絶対圧力に換算し、換算した圧力値に対応した電気信号をウエハロードチャンパー給排気インターフェイス部4639に入力している。ウエハアンロードチャンパー3111においても同様で、第33図に示すバルブ駆動部4643と圧力計入力部4644を有しており、バルブ駆動としてはウエハアンロードリークバルブ3313、ウエハアンロードN<sub>2</sub>導入バルブ3311と、ウエハアンロードH<sub>2</sub>導入バルブ3309、ウエハアンロードメインバルブ3305とウエハアンロードバイパスバルブ3302の各々のON/OFF制御

を行なっている。又、圧力計入力部4644においてはウエハアンロード圧力計3315によってウエハアンロードチャンパー3111内の圧力値を計測し、圧力計入力部4644において絶対圧力に換算し、換算した圧力値に対応した電気信号をウエハアンロードチャンパー給排気インターフェイス部4642に入力している。

次にマスクチャンパー3103について説明する。マスクチャンパー3103もウエハチャンパーと同様にマスクチャンパー給排気インターフェイス部4645を有し、搬送系コントロールユニット4601からの指令に基づいて各バルブ駆動の制御と圧力計の圧力値データの転送を行う状態を有している。マスクチャンパー3103はバルブ駆動部4646と圧力計入力部4647とを備え、第34図に示す、マスクリークバルブ3405、マスクN<sub>2</sub>導入用バルブ3404とマスクH<sub>2</sub>導入用バルブ3403、マスクメインバルブ3402、マスクバイパスバルブ3401をマスクチャンパー給排気インターフェイス部4645とバルブ駆動部4646を通してON/OFF

制御している。又、圧力計入力部4647においては、マスク圧力計3406によって、マスクチャンパー3103内の圧力値を計測し、圧力計入力部4647において絶対圧力に換算し、換算した圧力値に対応した電気信号をマスクチャンパー給排気インターフェイス部4645に入力している。

次に、ウエハロード、アンロードチャンパー3109、3111及びマスクサブチャンパー3103のゲート弁制御における電気ブロック図の説明をする。ウエハチャンパーのゲート弁制御ではウエハロードゲート弁インターフェイス部4648と、ウエハアンロードゲート弁インターフェイス部4650を備え、前記2つのインターフェイス部は搬送系コントロールユニット4601からの指令に基づいて、ゲート弁開/閉駆動の制御信号を出力する。それによりウエハロードチャンパー3109では、ゲート弁開/閉駆動部4649によりウエハロードゲートバルブ3108のON/OFF制御が行われる。同様に、ウエハアンロードチャンパー3111ではゲート弁開/閉駆動部4651によりウエハアンロード

ゲートバルブ3110のON/OFF制御が行われる。マスクサブチャンパーゲート弁駆動についてもマスクサブチャンパーゲート弁インターフェイス部4652を備え、搬送系コントロールユニット4601からの指令に基づいてゲート弁開/閉駆動の制御信号を出力する。従って、ゲート弁開/閉駆動部4653によりマスクゲートバルブ3102のON/OFF制御がマスクサブチャンパーゲート弁インターフェイス部4652をとおして行われる。

ウェハロードチャンパー3109及びウェハアンロードチャンパー3111、マスクチャンパー3103の排気ポンプは、主排気油圧ポンプ3307、主排気ターボ分子ポンプ3306及び粗排気油圧ポンプ3303の構成で共通ポンプとして構成し、これらのポンプ制御は環境制御ユニット3605で行われる。

第47図はミラー制御ユニット3606のブロック図である。ブロックは大別してミラーチャンパー排気制御部4703、ミラーチャンパー冷却恒温

制御部4708、ミラー姿勢制御部4710より構成されている。4702は上記各制御部をシーケンス制御するミラー部コントロールユニットで、上位のメインユニット3602(第36図参照)とは通信I/F4701と通信路3608を介してデータの授受を行う。以下、ミラー制御ユニット3606を第14図も参照して詳細に説明する。

ミラーチャンパー排気制御部4703はミラー真空チャンパー1408内の超高真空状態を計測するミラーチャンパー圧力計4705からの真空度がミラーチャンパー圧力計入力部4704でインターフェイスされてとりこまれる。また、真空チャンパー1408を超高真空状態に排気するための超高真空ポンプ4707が、真空チャンパー1408に排気ポート1411を介して接続されている。ミラーチャンパー排気制御部4703からはミラーチャンパーポンプ駆動部4706へON-OFF信号を出力し、排気制御を行う。次に、ミラーチャンパー冷却恒温制御部4708は、X線ミラー1401のX線照射による発熱を冷却し、一定温度に保つ。

また、ミラーチャンパー給水部4709にて冷却用の液体が不図示の温度センサにより所定の温度に保たれ、ミラー真空チャンパー1408へ送られる。液体は液体流路1404を流れることで、ミラー支持部1402を介してX線ミラー1401を冷却する。冷却恒温制御部4708では、液体の温度管理を行い、許容値をはずれた場合には、ミラー部コントロールユニット4702にエラー通報する。

ミラー姿勢制御部4710は、ミラー姿勢調整装置1406を動かすことにより、SOR光軸にX線ミラー1401を合せ込む動作を行うが、その際にSOR光軸はSOR光検出部4713で位置検知され、そのSOR光スポット位置が所定の基準位置になる様に、ミラー姿勢調整装置1406に送込まれたミラー姿勢駆動アクチュエータ4712をミラー姿勢駆動部4711により駆動する。この後は、ミラー姿勢制御部4710において、前記SOR光が前述の基準位置を保つ様にX線ミラー1401の姿勢サーボがかけられる。

ミラー姿勢制御部4710では、この他にSOR光を遮光、透光するためのシャッター1409を駆動するためのシャッター駆動アクチュエータ1410のアーチャ駆動部4714を介して動作させる。このシャッター駆動のタイミングは、ウェハ3の露光のシーケンス、例えば、露光シットの合間、あるいはウェハ交換時、マスク交換時等に同期する必要があるため、通信I/F4701を介してメインユニット3602から駆動信号をもらう。

第48図は環境制御ユニット3605のブロック図である。本ユニットは、①ミラーポート3105及びメインチャンパー3101の排気制御系、②He雰囲気管理するガスコントロール系、及び③ウェハチャック1899部及びチャンパー内各部を温度管理する温度制御系より成っている。4802は環境制御ユニット3605のコントロールユニットで、前述①～③の各制御系をシーケンスプログラムに従って動作させる。また、コントロールユニット4802の通信I/F4801は上位のメインユニット3602と通信路3608を介して接続されており、

データの授受を行う。次に、各制御部の構成及び動作について説明する。

ミラーポート3105及びメインチャンバー3101の給排気制御部は環境制御コントロールユニット4802からミラーポート及びメインチャンバー給排気インターフェイス部4803を通してバルブ駆動部4804、真空ポンプ駆動部4806への出力、圧力計入力部4805からの入力を行う。バルブ駆動部4804は、第35図に示されるメインチャンバー3101の給排気を行うメインチャンバーメインバルブ3502、メインチャンバーバイパスバルブ3501、メインチャンバー3101の開放時に開・閉するメインチャンバーN<sub>2</sub>導入バルブ3505、メインチャンバーリークバルブ3506と接続されている。ミラーポート3105の給排気については、He窓3512の両側面の圧力を通過させる第1B<sub>e</sub>バイパスバルブ3513、第2B<sub>e</sub>バイパスバルブ3514、第1ミラーポートゲートバルブ3516、第2ミラーポートゲートバルブ3517及びミラーポートバイパスバルブ3518と繋っており、それぞれの開・閉

バルブで、バルブコントローラ3511と繋っていて、このバルブコントローラ3511からバルブ開度を設定することができる。このバルブ開度の設定は、Heコントロールインターフェイス部4807から外部設定される。また、バルブコントローラ3511は、圧力計入力部4805からメインチャンバー3101内の圧力値が入力され、バルブコントローラ3511内で、メインチャンバー3101内の圧力を一定にする根バルブ開度をコントロールするサーボ系が構成されている。4808はガスコントロール用のメインチャンバー排気を行うガスコントロール油回転ポンプ3509のON-OFFを行うポンプ駆動部である。4809はバルブ駆動部で、メインチャンバーHe導入用バルブ3504及びガスコントロールメインバルブ3508の開・閉を行う。ポンプ駆動部4808、バルブ駆動部4809はいずれもHeコントロールインターフェイス部4807を介してコントロールユニット4802から制御される。

次に、温度制御系は、本体の各部分を所定温度

を行う。

圧力計入力部4805はミラーポート部3105の圧力計測を行うミラーポート圧力計3519からのセンサー出力及びメインチャンバー部3101の圧力計測を行うメインチャンバー圧力計3510からのセンサー出力を取り込み、所定の処理を行い、給排気インターフェイス部4803に送る。真空ポンプ駆動部4806は、メインチャンバー3101及びウエハロード3109、アンロード3111、マスク3103の各サブチャンバーの排気に共通に使用する。また、粗排気油回転ポンプ3303、及び主排気油回転ポンプ3307のON-OFF制御及び主排気ターボ分子ポンプ3306の駆動及び動作状態のモニターを行う。

次に、Heガスコントロール制御系は、メインチャンバー3101内を圧力一定・純度一定でHeガスコントロールする。これは、不純物ガスの発生に対して、メインチャンバー3101内の排気流量を可変することで実現している。第36図の3507は排気流量をコントロールするコントロール

に係つて給排水部4813にて所定温度に設定された温調水を貯えて、これを前述のチャンバー内の各発熱部分に導水することで、発熱各部で熱交換を行い、温調水を循環させる。温度センサ4812により配管温調水の温度を検出し、温調コントローラ4811内にとりこみ、給水部での設定温度への制御を行う。温調インターフェイス部4810では、この温度の正常判定の結果をうけ渡し、温調状態のモニターを行う。ウエハチャック温度センサ入力部4814では、温調水により冷却されるウエハチャック部1807の温度を計測するウエハチャック温度センサ4815からの計測値をとこみ、温度に変換後、温調インターフェイス部4810を介してコントロールユニット4802へ送り、チャック部の温度管理を行う。

第49図は本装置の基本的な機能を達成する為の制御フローを示したものである。本装置は電源が投入されると、ステップ4901において各ユニット3601、3602、3603、3604、3605、3606(第36図参照)毎にCPU及びRAM、ROM等の

チェックがなされ、その後各ユニット間の通電路が確立される。次に、ステップ4903の長期休止状態からの立上げ処理によって、給排気系及びメカ系の初期化を実行し、メインユニット3602のパネルスイッチ3802もしくはコンソールユニット3601のターミナル3701からの操作指令待ちのステップ4903に移る。ここで、オペレータによって操作指令が与えられると、ステップ4904、4908、4912、4916、4919、4922及び4925によって、操作指令がどの機能処理に対する指令であるかを判定し、対応する機能処理が現在実行可能か否かの判定を各々ステップ4905、4909、4913、4917、4920、4923及び4926によって行い、実行可能状態であれば処理の実行に移る。

以下に本装置の基本的な操作指令とその処理について述べる。

長期休止指令(ステップ4914)は本装置を長期休止させた時、装置内に埃や湿気が入るのを防ぐ為に、メインチャンバー3101や各サブチャンバー3103、3109、3111にN<sub>2</sub>を充填したり、Be充

状態となり、シーケンスはステップ4903の操作指令待ち状態に戻る。

ウエハキャリア設置指令(ステップ4912)は、前記ウエハキャリア取出し指令の逆の処理を行わせる為のものであり、取出し状態にある供給、回収キャリア2501、2502を本装置の焼付処理可能な設置状態にする機能処理を実行する。ウエハキャリア設置指令であることがステップ4912で判断されると、ステップ4913で今度はウエハキャリアが取出し状態であり、ウエハキャリア設置処理のステップ4914とウエハ回収キャリア設置処理のステップ4915を実行し、供給側、回収側のウエハキャリア2501、2502は焼付処理が行われる設置状態となり、シーケンスはステップ4903の操作指令待ちに戻る。

マスクカセット取出し指令(ステップ4916)は、本装置に設置状態にあるマスクカセット1310を操作者によって装置から取り外し、交換可能な状態にする為の機能処理を実行させるものであり、ステップ4918でマスクカセット取出し指令で

3612に差圧によるストレスがかかったままにしない様にするなどの機能処理を実行させるものであり、ステップ4904で長期休止指令であると判断されると、処理はステップ4905に移行し長期休止処理の実行可能条件のチェックがされ、ステップ4906によって長期休止の為の処理が実行され、その後ステップ4907でメカ駆動系の電源系をOFFする。

ウエハキャリア取出し指令(ステップ4908)は、本装置に設置状態にある供給、回収キャリア2501、2502を操作者によって装置から取り外し、交換可能な状態にする為の機能処理を実行させるものであり、ステップ4908でウエハキャリア取出し指令であると判断されると、処理はステップ4909に移行し、現在、ウエハキャリア2501、2502が設置状態にあり、かつウエハキャリア取出し処理の実行可能条件が成立していれば、ウエハ供給キャリア取出し処理のステップ4910とウエハ回収キャリア取出し処理のステップ4911が実行され、供給側、回収側のウエハキャリアは取出し

であると判断されると、処理はステップ4917に移行し、現在マスクカセットが設置状態にあり、かつマスクカセット取出し処理の実行可能条件が成立していれば、ステップ4918のマスクカセット取出し処理が実行され、マスクカセット1310は取出し状態となりシーケンスはステップ4903へ戻る。

マスクカセット設置指令(ステップ4919)は、前記のマスクカセット取出し指令の逆で、取出し状態にあるマスクカセット1310を本装置の焼付可能な設置状態にする機能処理を実行する為のものである。マスクカセット設置指令であることがステップ4919で判断されると、ステップ4920においてマスクカセット1310が取出し状態であり、マスクカセット設置処理実行可能条件が成立していれば、シーケンスはステップ4921のマスクカセット設置処理を実行し、マスクカセット1310は設置状態になる。また、シーケンスはステップ4903の操作指令待ちに戻る。

X線強度プロフィール計測指令(ステップ4922)

は、SORリング4への電子注入、Be窓3512の交換、X線ミラー1401の調整…等々によるX線強度プロファイルの交換に対し、露光エリア全面で均等なX線露光量を確保するシャッタ駆動データを作成する後処理を実行する為のものである。ステップ4922でX線強度プロファイル計測指令であることが判定されると、処理はステップ4923に移行し、X線強度プロファイル計測の実行可能条件のチェックがされ、可能条件が成立していれば、ステップ4924によってX線強度プロファイルの計測処理がX線デテクター1651(第18図参照)を用いて実行され、その後、処理はステップ4903へ戻る。

焼付指令(ステップ4925)は、ウエハ3上のシロツトとマスク2を位置合せした後に、指定されたX線露光量分の露光をステップアンドリピート方式で行う焼付処理を実行する為のものであり、ステップ4925で焼付指令であることが判定されると、処理はステップ4926に進みここで供給キャリア2501、回収キャリア2502が設置状態に

在るか、マスクカセット1310が設置状態に在るか、またJOBデータが準備できているか等の焼付処理実行可能条件がチェックされた後に、ステップ4927で焼付処理に必要なJOBデータがダウンロードされ、ステップ4928によって焼付の処理が実行される。処理が終了すると、処理はステップ4903に移り操作者による指令待ちとなる。

次に、第32～35図及び第50～53図を用いて、第49図の長期休止立上げ4902のシーケンスを説明する。最初に、RORP3303、MNTMP3306、MNRP3307、GCRP3509の各ポンプを起動する(ステップ5001)。

次に、メインチャンバー3101から給排系の処理を行う(ステップ5002)。これを第51図に詳細に示す。この図において、まず、第1BeBPV3513を開けて第2BeBPV3514と閉じる(ステップ5101、5102)。そして、MCBPV3501を開けて長期休止時に導入された真空ガスを排気する(ステップ5103)。メインチャンバー3101の圧力計3510が0.1Torrになったら、ステップ

5104の判定をYesで抜けてMCBPV3501を閉じる(ステップ5105)。次に、MCMNV3502を開けて、更に排気を行う(ステップ5106)。圧力計3510が10<sup>-4</sup>Torrになったら、ステップ5107の判定をYesで抜けてMCMNV3502及び第1BeBPV3513を閉じる(ステップ5108及び5109)。そして、第1MPGV3516及び第2MPGV3517を開けて(ステップ5110及び5111)、ミラーユニット101と連通させる。次に、MCH<sub>2</sub>V3504を開けてH<sub>2</sub>ガスの供給を開始する(ステップ5112)。圧力計3510が150Torrになったら、ステップ5113の判定をYesで抜けてGCMNV3508を開け、ガスコンを開始する(ステップ5114)。

メインチャンバー3101の給排系処理が終了すると、ウエハロードチャンバー3109などのサブチャンバーの給排系処理を行う(ステップ5003)。ウエハロードチャンバー3109を例にとって説明する。第52図のステップ5201～5203に示すように、WLLV3312を開けて一定時間後に閉じることによって、チャンバー内部の圧力を

外気と等しくする。ウエハアンロードチャンバー3111及びマスクチャンバー3103についても同様に、それぞれWULV3313及びMKLV3406を開閉して、チャンバーの内部の圧力を外気と等しくする。ウエハキャリア2501、2502やマスクカセット1301をチャンバー内に設置する時にチャンバードアを開けるのが容易になる。

次に、各ステージや搬送系などのアクチュエータの初期化を行う(ステップ5004)。これを第53図に詳細に示す。この図において、まず、ウエハ供給エレベーター1302b及びウエハ回収エレベーター1303aの初期化(ステップ5301)を行い、それぞれのキャリア置き台2503、2508をキャリア交換可能な位置に移動させる。次に、イジエクター1304の初期化(ステップ5302)を行い、第26図に示すようにイジエクター1304の各輪をそのホーム位置に移動させる。次に、マスクカセットローダーの初期化(ステップ5303)を行い、テーブル2506をマスクカセットエレベーター2505によって一番下のホーム位置に移動させ(第

28 図)、インデクサ 2801 を位置決めピン 2901 が所定位置に来るように回転させる(第 29 図)。次に、ウエハトラバーサー 1306 の初期化(ステップ 5304)を行い、ロードハンド 2527 及びアンロードハンド 2528 を両者が交差する位置に移動させ、2 つのトラバーサー 2 駆動部 2534、2535 を SOR 光線 4 よりホーム位置に移動させる。次に、オリフラ検知ステージ 1306 の初期化(ステップ 5305)を行い、 $\theta$ ステージ 2519、Xステージ 2521、Yステージ 2523 をそれぞれのホーム位置に移動させる。次に、ウエハステージ 1899 の粗動 X 軸及び粗動 Y 軸の初期化を行い(ステップ 5306)、マスキトラバーサー 1311 の動作と干渉しない退避位置に移動させる(ステップ 5307)。次に、マスキトラバーサー初期化を行い(ステップ 5308)、トラバースユニット 2601 をそのストロークの中心のホーム位置に移動させ、アームユニット 2603 をマスキカセットローダーの方向へ旋回させる(第 27 図参照)。次に、ウエハステージの粗動 X、Y 以外の軸の初期化(ステップ 5309)

ンバー内と同じ 150 Torr になったことを確認したら、ステップ 5504 の判定を Yes で抜けて、第 1 BeBPV 3515 を開け、第 2 BeBPV 3514 を閉じる(ステップ 5505、5506)。次に、MCH<sub>4</sub>V 3504 及び GCMNV 3508 を閉じてガスコンを停止する(ステップ 5507、5508)。そして、MCN<sub>2</sub>V 3505 を開けて重炭酸ガスを導入する(ステップ 5509)。メインチャンバー 3101 の圧力計 3510 及びミラーポート 3505 の圧力計 3519 が共に 760 Torr になったら、ステップ 5510 及び 5511 の判定を Yes で抜けるので、MCN<sub>2</sub>V を閉じる(ステップ 5512)。最後に、再び第 2 BeBPV 3514 を開け、第 1 BeBPV 3515 を閉じる(ステップ 5513、5514)。そして、第 2 MPGV 3517 を閉じることにより、ミラーユニット 101 をミラーポート 3506 から分離する(ステップ 5515)。

次に、ウエハロードチャンバー 3109 では、第 56 図に示すように、WLBPV 3301 を開け(ステップ 5601)、He ガスを排気する。圧力計 3314 が 0.1 Torr になったら、ステップ 5602 の判定を

を行い、レーザー干渉計の原点出しを行う。最後に、マスキステージ 1901 の初期化(ステップ 5310)及び各ビクアップステージ 2411 の初期化(ステップ 5311)を行う。

次に、第 32~35 図及び第 54~57 図を用いて第 49 図の長期休止 4906 のシーケンスを説明する。まず、メインチャンバー 3101 とウエハロードチャンバー 3109 などのサブチャンバーとを分離するために各ゲートバルブを閉める(ステップ 5401)。即ち、WLGCV 3108、WUGCV 3110 及び MKGV 3102 を閉じる。そして、各チャンバーごとの給排系の処理を行う(ステップ 5402)。

メインチャンバー 3101 では、第 55 図に示すように、まず Be 窓 3512 にかかる差圧を解除するために、第 1 MPGV 3516 及び MBPV 3518 を閉じ、第 2 BeBPV 3514 を開ける(ステップ 5501~5503)。コンダクス管 3515 を通して He ガスがメインチャンバー 3101 からミラーポート 3105 へ流れ込むので、ミラーポート圧力計 3519 によってミラーポート 3505 内の圧力がメインチャ

Yes で抜け、WLBPV 3301 を閉じて WLMNV 3304 を開ける(ステップ 5603、5604)。そして、圧力計が 10<sup>-4</sup> Torr になったら、ステップ 5605 の判定を Yes で抜け、WLMNV 3304 を閉じる(ステップ 5606)。次に、WLN<sub>2</sub>V 3310 を開けて重炭酸ガスを導入する(ステップ 5607)。チャンバー内が 760 Torr になったら、ステップ 5608 の判定を Yes で抜け、WLN<sub>2</sub>V 3310 を閉じて重炭酸ガスの導入を終了する(ステップ 5609)。ウエハアンロードチャンバー 3111 も給排系の処理は、同様なので説明は省略する。

次に、マスキチャンバーでは、第 57 図に示すように、MKBPV 3401 を開けて、圧力計 3406 が 0.1 Torr になるまで He ガスを排気して MKBPV 3401 を閉じる(ステップ 5701~5703)。更に、MKMNV 3402 を開けて、10<sup>-4</sup> Torr まで排気して MKMNV 3402 を閉じる(ステップ 5704~5706)。最後に、MKN<sub>2</sub>V 3404 を開けて、圧力計が 760 Torr になるまで重炭酸ガスを導入して MKN<sub>2</sub>V を閉じる(ステップ 5707~5709)。

こうして各チャンバーごとの給排系処理（第54図のステップ5402）が終了すると、RORP3303、MNTMP3306、MNRP3307及びGCRP3309の各ポンプを停止させて（ステップ5403）、長期休止のシーケンスを終了する。

次に、第25図、第33図及び第58図を用いて第49図のウエハ供給キヤリヤ取り出し4910のシーケンスを説明する。まず、供給エレベーター駆動部2504によって供給キヤリヤ2501をキヤリヤ交換位置まで上昇させる（ステップ5801）。次に、WLGVS106を閉じて（ステップ5802）、ウエハロードチャンバー3109をウエハリジエクターチャンバー3107から分離する。次にWLN、V3310を開けて真空ガスを導入する（ステップ5803）。ウエハロードチャンバーの圧力計3314が760Torrになったら、ステップ5804の判定をYesで抜けてWLN、Vを閉じる（ステップ5805）。最後に、WLLV3312を一定時間だけ開けて（ステップ5806～5808）、チャンバー内部の圧力を外気と等しくしてチャンバーのドア

を開けやすくしてやる。第49図のウエハ回収キヤリヤの取り出し4911のシーケンスも同様なので、説明は省略する。

次に、第25図、第33図及び第59図を用いて第49図に示すウエハ供給キヤリヤ設置4919のシーケンスを説明する。既に、供給キヤリヤ2501は供給キヤリヤ置き台2503上に設置されているものとする。ウエハロードチャンバー3109のドアが閉じられてシーケンスがスタートすると、まず供給ウエハ有無検知部2507によってウエハが有るか無いかのチェックを行う。ウエハが無いとステップ5901の判定をNoで抜けて、供給エレベーター駆動部2504によって供給キヤリヤを1ピッチ分下降させる（ステップ5902）。ウエハが有るところまで、ステップ5901と5902を繰り返す。これは、キヤリヤの上部にのみウエハが挿入されているような場合に対処するものである。ウエハが存在すると、ステップ5901の判定をYesで抜けて給排処理に移る。まず、WLBPV3301を開けてチャンバー内のガスを排気する（ス

テップ5903）。ウエハロードチャンバーの圧力計3314が0.1Torrになるまで排気したら、ステップ5904の判定をYesで抜けてWLBPV3301を閉じる（ステップ5905）。次に、WLMNV3304を開けてさらに排気を行う（ステップ5906）。圧力計が10<sup>-4</sup>Torrになったら、ステップ5907の判定をYesで抜けてWLMNV3304を閉じる（ステップ5908）。次に、WLHeV3308を開けてHeガスを導入する（ステップ5909）。圧力計が150Torrになったら、ステップ5910の判定をYesで抜けてWLHeV3308を閉じる（ステップ5911）。最後に、WLGVS106を開けてウエハロードチャンバーをウエハリジエクターチャンバー3107に連通させる（ステップ5912）。第49図のウエハ回収キヤリヤの設置4915のシーケンスも同様なので、説明は省略する。

次に、第28～30図、第34図及び第50図を用いて第49図に示すマスクカセット取り出し4918のシーケンスを説明する。始めに、カセット本体2801のカセットカバー2802に対するωv方向の

位置を合わせるため、インデクサ2810をその原点まで回転させる（ステップ6001）。次に、MKGV3102を閉じてマスクチャンバー3103をメインチャンバー3101から分離して（ステップ6002）、給排処理を行う。まず、MKBPV3401を開けてHeガスを排気する（ステップ6003）。マスクチャンバーの圧力計3408が0.1Torrになるまで排気したら、ステップ6004の判定をYesで抜けてMKBPV3401を閉じる（ステップ6005）。次に、MKN<sub>2</sub>V3404を開けて真空ガスを導入する（ステップ6006）。圧力計が760Torrになったら、ステップ6007の判定をYesで抜けてMKN<sub>2</sub>V3404を閉じる（ステップ6008）。次に、マスクカセットエレベーター2805を駆動して、カセット本体2801をボス2904とかん合した状態からカセットカバー2802と合体する位置まで下降させる（ステップ6009）。ここで、レバー3007によってカバーロック爪3005及びテーブルロック爪3006を駆動して、カセット本体テーブル2806から分離すると共にカセットカバーと

結合させる（ステップ6010）。そして、マスクカセットエレベーターを駆動してテーブルを一番下のホーム位置まで下降させる（ステップ6011）。最後に、MKLV3405を一定時間だけ開けて（ステップ6012～6014）、マスクチャンバー3103内部の圧力を外気と等しくしてチャンバーのドアを開けやすくしてやる。

次に、第28～30図、第34図及び第61図を用いて、第49図のマスクカセット設置4921のシーケンスを説明する。既に、カセット台2803は、カバーロックユニット2804によってマスクカセット1310が設置固定され、マスクチャンバー3103内の所定の位置に収納されているものとする。チャンバーのドアが開じられてシーケンスがスタートすると、まずマスクカセットエレベーター2805を駆動してテーブル2806がカセット本体2801に当たるまで上昇させる（ステップ6101）。次に、レバー3007によってカバーロック爪3008及びテーブルロック爪3008を駆動して、カセット本体をカセットカバー2802から分離すると

共にテーブルと結合させる（ステップ6102）。次に、マスクカセットエレベーターを駆動してカセット本体を上昇させ、ボス2904と嵌合させる（ステップ6103）。そして、始計処理を行う。まず、MKBPV3401を開けてチャンバー内のガスを排気する（ステップ6104）。マスクチャンバーの圧力計3406が0.1Torrになるまで排気したら、ステップ6105の判定をYesで向けてMKBPV3401を閉じる（ステップ6106）。次に、MKMN3402を開けてさらに排気を行う（ステップ6107）。圧力計が $10^{-3}$ Torrになったら、ステップ6108の判定をYesで抜けてMKMN3402を閉じる（ステップ6109）。次に、MKHeV3403を開けてHeガスを導入する（ステップ6110）。圧力計が150Torrになったら、ステップ6111の判定をYesで抜けてMKHeV3403を閉じる（ステップ6112）。最後に、MKCV3102を開けて、マスクチャンバー3103をメインチャンバー3101に通達させる（ステップ6113）。

第62図はX線強度プロファイル計測処理の流れ

を示したフローチャート図である。以下、第15図と第67図を用いながら、この処理を説明する。

まず、ステップ6201で露光時のX線強度計測をする為のX線照度計1541と、X線強度プロファイル計測用にX、Yに移動可能なウエハステージ1899上に配置されたX線ディテクター1551により、計測時の基本となるX線強度の計測をX線ディテクター1551をX線照度計1541と同じX方向位置にして行う。以下、本ステップにおいて、X線照度計1541によって計測されたX線強度計測値を $D_{x0}$ 、X線ディテクター1551によって計測されたX線強度計測値を $D_{x1}$ と称する。ステップ6202は、X線ディテクター1551をウエハステージ1899をY方向に駆動して、X線強度プロファイル計測の各計測位置 $P_{xi}$ （第63図参照）に移動させる為の処理である。そして、ステップ6203で、その計測位置におけるX線強度をX線ディテクター1551で計測する。なお、第○番目の位置で計測されたX線強度データを以降 $D_{xi}$ で表す。ステップ6204では、ステップ6203

で計測したX線強度計測データ $D_{xi}$ を、ステップ6201でのX線強度計測基本データ $D_{x0}$ を計測した時点からデータ $D_{xi}$ を計測した時点までの時間的ディレイによるSORリング4からのX線強度の減衰成分の補正を行う。その補正後のデータを $D_{xi}'$ とする。このステップ6202～6204の一連の処理によって、各計測位置 $P_{xi}$ におけるX線強度の減衰分も考慮した計測値データ $D_{xi}'$ が得られる。

そして、ステップ6205で全計測位置（ $P_{x1} \sim P_{xn}$ ）での計測が終了したと判断されるまで処理はステップ6202～6205をループし、全計測位置での計測データ $D_{x1}' \sim D_{xn}'$ が収集された時点でステップ6206へと進む。ステップ6206においては、減衰分の補正後の計測データ $D_{x1}' \sim D_{xn}'$ を、 $D_{x0}$ と $D_{x20}$ の関係によって補正した後、X線照度計1541に関して別途定められている基準X線強度 $D_{x0}$ に $D_{x20}$ を置きかえた時の値に換算する。これについては、第64図を用いて後述する。そして、 $D_{x0}$ を基準として換算された各計測

位置のX線強度データ $D_{x1} \sim D_{xm}$ によって実際の露光エリア全面に対するX線強度プロファイルを求める。

次に、ステップ6207では、X線照度計1541でのX線強度が $D_{xs}$ とした時に露光エリア全面で均等な別途定められた基準X線露光量が照射される為のシャッタ駆動テーブルを、ステップ6208で求められたX線強度プロファイルを基に算出する。ステップ6208ではステップ6207で求められたシャッタ駆動データテーブルをシャッタ制御部3913のソーステーブルメモリ4308にセットする。以上でX線強度プロファイル計測の処理は終了する。

第63図はX線強度プロファイル計測時の各計測位置 $P_{s1} \sim P_{sn}$ の概略を示すものである。図中、1541はX線照度計、1551はウエハステージ1899上に設置されX、Y方向に移動可能なX線ディテクタを示す。また、6301の破線は露光エリアを表し、 $P_{xs}$ はX線照度計1541による $D_{xs}$ の計測位置、 $P_{s1}$ と $P_{s1} \sim P_{sn}$ はX線ディテクター1551に

よる $D_{s1}$ と $D_{s1} \sim D_{sn}$ の計測位置を示したものである。なお、 $P_{xs}$ と $P_{s1}$ はシャッタ制御方向(Y方向)に対して同位置であればこの位置でもよい。

第64図は各計測位置 $P_{s1}$ のX線強度計測値 $D_{s1}$ からX線強度プロファイルを求めるまでの概略を説明する為のものである。各計測位置 $P_{s1} \sim P_{sn}$ で、X線ディテクター1551によって計測されたX線強度計測値 $D_{s1} \sim D_{sn}$ にX線強度減衰曲線6401で示す様なX線強度の減衰分を補正し、X線強度の変化が無ったとして計測値を表したのが $D_{s1}' \sim D_{sn}'$ である。この $D_{s1}' \sim D_{sn}'$ にX線照度計1541でのX線基本強度計測値 $D_{xs}$ とX線ディテクター1551でのX線基本強度計測値 $D_{ss}$ 間の補正をかけ、X線照度計1541による各計測位置の計測データ値として換算したものが $D_{x1} \sim D_{xm}$ である。すなわち $D_{x1} \sim D_{xm}$ はX線照度計1541で $D_{xs}$ を計測した時の各計測位置 $P_{s1} \sim P_{sn}$ でのX線照度計1541による計測データとすることができる。

そしてさらに、 $D_{xs}$ をX線照度計1541の基準X線強度 $D_{xs}$ に置き換えた時の各計測位置の換算X線強度 $D_{x1} \sim D_{xm}$ を求め、X線照度計1541の $D_{xs}$ に対する露光面でのX線強度プロファイル6402を得る。

第65図は求められたX線強度プロファイルからシャッタ駆動データを作成するまでの概略を示したものである。図中、6501は露光エリア全面において、別途定められた基準X線露光量になる様に、前述のX線強度プロファイル6402から算出した露光時間曲線である。この曲線6501はX線照度計1541に基準X線強度 $D_{xs}$ のX線が照射されている時、露光エリアの各点が基準露光量になるまでの露光時間を示したものである。

シャッタ駆動データは、メインシャッタ1501の開口1530の先エッジ1531の通過から後エッジ1532の通過までの時間で決定される露光エリア全面における各点の露光時間が露光時間曲線6501と等価となる様にシャッタ(スチールベルト1513)の移動速度曲線を求めた後、微小な一定距離移動

に要する時間のデータテーブルとして算出したものである。シャッタの移動曲線は、第66図も参照して、露光時間曲線6501における最遅露光時間 $t_{mn}$ とシャッタの先エッジ1531から後エッジ1532までの距離 $l$ から一定速度区間における速度を求め、最遅露光時間となる $P_{mn}$ 位置よりシャッタの移動開始側部分における露光時間の $t_{mn}$ からの各点での差分 $\Delta t_a$ はシャッタの先エッジ1531で、また、 $P_{mn}$ 位置よりシャッタの移動終了側部分における各点の差分 $\Delta t_b$ はシャッタの後エッジ1532の移動速度によって補正する様にシャッタの一定速度区間までの立上りカーブと一定速度区間後の立下りカーブを決定する。

第68図は、第49図で説明した本装置の全体シーケンスのうち、装置に設置された供給キャリア2501内のウエハ3の脱付けシーケンスステップ4928を示すフローチャートである。第49図の説明でも述べた様に、脱付け処理に必要なJOBデータはすでに装置本体にダウンロードされ、かつ、供給/回収キャリア2501、2502及びマスクカ

セツト1310が正常に設置されているものとす  
る。

ステップ6801からステップ6803までは、供給キャリヤ2501内の1枚目のウエハ特有の処理フローであり、以降ステップ6815までは、装置内に同時に存在する2枚のウエハ（露光処理中のウエハと搬送処理中のウエハ）のそれぞれの処理を並列で行なっていることを表わす。まず、ステップ6801で供給キャリヤ2501の1枚目のウエハ3をイジエクターハンド2512で吸着保持し、オリフラ検知ステージ1305まで搬送し、オリフラ検知チャック1521に受け渡す。この時ウエハ3のオリフラの方向は不確定である。次に、ステップ6802で、オリフラ検知チャック1521にチャッキングされたウエハ3の重心（X、Y方向ズレ）取りと、オリフラ方向を一定方向にする処理を行う。オリフラの方向が定まり、設計位置からのズレも許容範囲となったウエハ3を、ステップ6803において、ロードハンド2530に吸着し、装置本体内のウエハチャック1807に受け渡す。

1903にマスク2が未装着の場合、ステップ6807に進み、このステップ6807では、マスク回収の必要性、つまりマスクチャック1903にマスク2が装着されている場合は、ステップ6808に、そうでない場合は直接ステップ6809のマスク設置に分岐する。ステップ6808ではマスクチャック1903にチャッキングされているマスク2をマスクハンド2502で保持し、カセット本体2801内の所定のカセットステージ3001に戻す。マスクチャック1903上にマスク2が吸着されていない状態で、ステップ6809において、今度は逆に、カセット本体2801内の所望のマスク2をマスクハンド2502で搬送し、マスクチャック1903に装着する。この時の所望マスク情報は、この搬付けシーケンス開始前にダウンロードされているJOBデータにある。ステップ6810ではマスクチャック1903に装着しなおしたマスク2と装置本体とのアライメントをとる。

以上ウエハチャック1807上のウエハ3、マスクチャック1903上のマスク2がそれぞれ装置の基準

ウエハチャック1807にチャッキングされたウエハ3は、この後、露光処理に入っていくわけであるが、オリフラ検知チャック2521及びロードハンド2530がフリーになったので次のウエハ3の搬送も同時に進められる状態にある。よって、ステップ6804は、この並列処理の実行開始を示すものである。まず先に、ウエハチャック1807上にあるウエハ3の露光処理をステップ6805からステップ6811に始まって述べ、その後ウエハの回収、次ウエハの供給処理をステップ6812からステップ6802に始まって述べる。

ウエハチャック1807にチャッキングされたウエハ3は、まず、ステップ6805で、ブリアライメントシステム1307により装置本体とアライメントをとる。次に、ステップ6806で、マスクチャック1903に保持されているマスク2が、今露光しようとしているウエハ用であるか否かを判断し、所望マスク2であれば、すぐにウエハのステップ&リピータ露光処理に行き、逆に、所望のマスク2でない場合、あるいはマスクチャック

とアライメントがとれた状態で、ステップ6811のステップ&リピータ露光処理に行く。このステップ6811ではウエハ3上の各露光ショット（ウエハ上パターン8201）とマスク上パターン8202とのアライメントをとり、つづいて露光すると言う一連の処理を繰返し行う。全ショットあるいは所定数のショットの露光が完了すると、以下に説明するウエハの回収・供給処理との同期をとって次のステップに進む。

ステップ6812からステップ6802のウエハ回収/供給処理について述べる。

まず、ステップ6812ではアンロードハンド2531で搬送してきたウエハ3があるか否か、つまり、今露光処理に入ったウエハが1枚目なのか2枚目以降かの判断をしており、2枚目以降のウエハ、つまり露光済のウエハがアンロードハンド2531により搬送されてきたならば、ステップ6813において、露光済ウエハをオリフラ検知ステージを仲介し、イジエクターハンド2512により回収キャリヤ2502に納める。ステップ6814で、次に露光すべ

きウエハ供給キヤリヤ内にあるかを判断し、あれば、先に説明したと同じウエハ供給(ステップ6801)、オリフラ検知(ステップ6802)を行い、現在露光処理中のウエハの処理が終了すれば、直ちに露光処理に移れる準備をし、前のウエハの露光処理終了を待つ。

ステップ6817は、並列で処理している露光処理とウエハ回収/供給の同期を表している。両処理が終了するとステップ6803において、露光済ウエハ(ウエハチャック1807上ウエハ)をアンロードハンド2531で、次露光ウエハ(オリフラ検知チャック2521上ウエハ)をロードハンド2530で、それぞれ露光済ウエハはオリフラ検知チャック2521へ次露光ウエハはウエハチャック1807へ搬送する。搬送後、ステップ6815で、先のウエハ供給判断ステップ6814でウエハが供給されているならば、ステップ6804に戻り、露光処理とウエハ回収/供給処理を並列に行う。しかし、ステップ6814で供給されなかった場合、つまり、今露光を完了してオリフラ検知チャック

2521上にあるウエハが最終ウエハと判断された場合には、次のステップ6813に行き、そのウエハ回収キヤリヤに納め、このシーケンスを終了する。

次に、第25図及び第69図を用いて、第68図に示したウエハ供給6801のシーケンスを説明する。

まず、イジェクターωx駆動部2515によってイジェクター1304を旋回させてイジェクターハンド2512を供給キヤリヤ2501に対向させる(ステップ6901)。次に、イジェクターハンド2515が供給キヤリヤ2501内のウエハ3の下に来るように、イジェクターxステージ2517を移動させる(ステップ6902)。次に、供給エレベーター駆動部2504によって供給キヤリヤ2501をキヤリヤの1ピッチ分下降させ(ステップ6903)、イジェクターハンド2512の真空吸着を開始する(ステップ6904)。ウエハ3がハンド2512に吸着されると、ステップ6905の判定をYesで抜けるので、イジェクターxステージ2517に

よってイジェクターハンド2515を元の位置に引き戻す(ステップ6906)。

ここで、供給ウエハ有無検知部2507によって次に供給されるウエハ3が有るかどうかの判定を行う(ステップ6907)。もし、ウエハ3がなかった場合はこの判定をNoで抜けて、ステップ6903と同様にして1ピッチ分だけ供給キヤリヤを下降させる(ステップ6908)。そして、搬送系コントロールユニット4601によって管理される供給ウエハのカウント数が所定値になったかどうかで、ウエハ供給の終了かどうかの判定を行う(ステップ6909)。終了でなければ、この判定をNoで抜けて再びステップ6907を実行する。

ステップ6907で次供給ウエハがあると、この判定をYesで抜けてイジェクター1304をステップ6901と逆に旋回させて(ステップ6910)、イジェクターハンド2515をオリフラ検知ステージ1305の方向に向ける。次に、イジェクターωx駆動部2514によって、ウエハ3を吸着したイジェクターハンド2512を水平から垂直に回転

させる(ステップ6911)。そして、ウエハ裏面がオリフラ検知チャック2521と対面する位置までイジェクターxステージ2517を移動させる(ステップ6912)。次に、イジェクターzステージ2520を移動させてウエハの裏面をオリフラ検知チャックの表面に接触させ(ステップ6913)、オリフラ検知チャック2521の真空吸着を開始する(ステップ6914)。ウエハ3がオリフラ検知チャック2521にも吸着されると、ステップ6915の判定をYesで抜けるので、イジェクターハンド2515の方の吸着を終了させる(ステップ6916)。次に、イジェクターzステージ2520を移動させて、イジェクターハンド2515とウエハ裏面とのクリアランスを確保する(ステップ6917)。最後に、イジェクターxステージ2517をホーム位置に移動させて、イジェクターハンド2515をオリフラ検知ステージ1305から退げる(ステップ6918)。

第70図は第68図で説明した本装置の焼付処理のうちオリフラ検知ステップ6802のシーケンス

を示すフローチャートである。

オリフラ検知の開始状態では、第25図に示すオリフラ検知チャック2521にウエハ3が吸着され、オリフラは任意の方向を向き、ウエハ3の中心とオリフラ検知θステージ2523の中心（以下、本シーケンスの説明分中ではステージ中心と記す）との間には、第68図のウエハ供給6801シーケンス実行時の誤差によって生ずる偏心が存在している。また、オリフラ検知Xステージ2527及びオリフラ検知Yステージ2529は、計測を行う位置にある。

まず、第70図のステップ7001において、第46図のオリフラ検知インターフェース部4614を介してθ軸駆動部4617を駆動し、オリフラ検知θステージ2523を回転させ、毎回転中に等回転間隔でウエハ1回転分のウエハエツジ位置の計測を行う。1ポイントの計測方法は、ステージ中心と同じ高さに設けられたラインセンサ2525にラインセンサ用投光系2524で一定時間光を照射し、照射時間中にラインセンサ2525に蓄積された

電荷をオリフラ検知センサ番号記憶部4618に通し、ウエハエツジ位置を出力として得るものである。この出力及びラインセンサ2525のステージ中心からの取り付け位置から、ステージ中心からウエハエツジまでの距離がわかる。ウエハ1回転分の計測終了後、オリフラ検知θステージ2523が停止するまでに回転した角度をオーバーランの回転量として記憶し、修正駆動時にフィードバックする。

オリフラ検知θステージ2523の回転角θに対するステージ中心からウエハエツジまでの距離 $l$ をグラフにしたものが第71図である。7101は $l$ の変化を示す曲線であり、偏心がないときは円弧に相当する部分は直線となる。7102はオリフラに相当する $l$ の変化を示す曲線である。

ステップ7002からステップ7007までは、計測データの計算処理を行い、オリフラの位置を判定する。ステップ7002ではデータ列 $l$ をスキヤンして極小値を検出し、極小値及びその極小値をとる回転角を記憶する。極小値の数は偏心と

オリフラの向いている方向の関係により、1ヶあるいは2ヶであり、1ヶの場合はその部分がオリフラに相当するが、2ヶある場合にはどちらがオリフラか判断する必要がある。ステップ7003では、極小値の個数によってオリフラ判別の必要性を判断し、必要なければ処理をステップ7006に移している。

極小値が2ヶの場合には、オリフラに相当する部分ではデータ列 $l$ の変化率が偏心による $l$ の変化と比較して大きいので、以下の手順でオリフラ判別を行う。ステップ7004では、各極小値から左右にデータ列 $l$ をスキヤンし、その極小値に微小量 $\Delta l$ を加えた値をとる回転角（第71図の $\theta_{11}$ 、 $\theta_{12}$ 、 $\theta_{21}$ 、 $\theta_{22}$ ）を探す。微小量 $\Delta l$ の設定は任意であるが、スキヤン中に2ヶの極小値の間にある極大値を超えないようにする必要があり、決定方法の1つとして極大値の小さい方と極小値の大きい方との差を $\Delta l$ とする方法がある。ステップ7005では、

$$\Delta \theta_1 = \theta_{12} - \theta_{11}$$

$$\Delta \theta_2 = \theta_{22} - \theta_{21}$$

として、 $\Delta \theta_1$ と $\Delta \theta_2$ のうち小さい値を示す方がオリフラに相当すると判断する。

ステップ7006では、オリフラに相当する部分の計測点の組 $(\theta_i, l_i)$ から、ステージ中心を原点とした座標系でのウエハエツジ位置座標 $(X_i, Y_i)$

$$X_i = l_i \cos \theta_i$$

$$Y_i = l_i \sin \theta_i$$

を求め、最小二乗法を用いてオリフラが動いている直線の式、 $Y=aX+b$ を求める。但し、この計算に用いる計測点は確実にオリフラ上の点でなければならず、ウエハ径、オリフラの長さ、偏心の最大可能性から決定できる。

第72図はステージ中心座標系でウエハを示したものである。同図で、3はウエハ、7201はオリフラの動いている直線、7202はウエハ中心、7203は原点であるところのステージ中心である。ステップ7007では、ステップ7006で求めた直線の式 $Y=aX+b$ より、ステージ中心7203から直線7201に下ろした垂線がX軸方向となす角度、即ちオリ

ブラ方向 $\theta_{or}$ と、最終の長さ、即ちステージ中心7203からオリフラまでの距離 $L_{or}$ とを以下の式から求める。

$$\theta_{or} = \tan^{-1}(-1/a)$$

$$L_{or} = \sqrt{X_c^2 + Y_c^2}$$

$$= \frac{|b|}{a^2+1}$$

ここで $(X_c, Y_c)$ は前記最終の足の座標である。但し、ここでは $\theta_{or}$ は $\tan^{-1}$ で求めているので、 $-90^\circ < \theta_{or} < 90^\circ$ となっている。従って、 $(X_c, Y_c)$ から $0^\circ \leq \theta_{or} < 360^\circ$ になるように補正する必要がある。

ステップ7008からステップ7010まででは、ウエハをロードハンド2530に受け渡す位置まで計算値に基づいて補正駆動を行う。ステップ7008では、ステップ7007で求めたオリフラ方向 $\theta_{or}$ に計測時のオーバーランの回転量を加味してオリフラが指定方向を向くように補正駆動量を算出し、オリフラ検知インターフェース部4614を介して

$\theta$ 軸駆動部4617を駆動し、オリフラ検知 $\theta$ ステージ2523を駆動量が少ない方向に回転させる。このとき、バックラッシュを避けるため、最終的には一方からの突き当てとする。ステップ7009では、ステップ7007で求めたステージ中心からオリフラまでの距離 $L_{or}$ を用いて、オリフラの高さがX方向突き当て時の高さになるように、オリフラ検知インターフェース部4614を介してY軸駆動部4616を駆動し、オリフラ検知Yステージ2529を移動させる。ステップ7010では、ラインセンサ5525及びラインセンサ用投光系2524を用い、オリフラ検知センサ信号処理部4618を通してウエハエッジ位置を検出しながら、オリフラ検知インターフェース部4614を介してX軸駆動部4616を駆動し、オリフラ検知Xステージ2527を移動させ、一方向突き当てでウエハを設計位置に移動させる。

次に、第26図及び第73図を用いて第66図に示したロード/アンロード6803のシーケンスを説明する。

まず、ウエハトラバーサ1306のロードハンド2530がオリフラ検知チャック2521上の供給ウエハの裏面側に入れるように、オリフラ検知Yステージ2529を上方に移動させてウエハを通過させる(ステップ7301)。次に、トラバーサX駆動部2538によって、ストロークの中央のホーム位置にいるロードXステージ2536及びアンロードXステージ2537をロードハンド2530がオリフラ検知ステージ1305側へ、アンロードハンド2531がウエハステージ側へ来るように移動させる(ステップ7302)。次に、ロードZステージ2532を移動させて、ロードハンド2530がオリフラ検知チャック2521上の供給ウエハ裏面側に来るように動かす(ステップ7303)。そして、オリフラ検知Yステージ2529を下降させて元の位置に戻す(ステップ7304)。次に、ロードZステージ2532を移動させて、ウエハ裏面にロードハンド2530を接触させ(ステップ7305)、ロードハンド2530の真空吸着を開始する(ステップ7306)。供給ウエハ3がロードハンド2530に

吸着されると、ステップ7307の判定をYesで抜けるので、オリフラ検知チャック2521の方の吸着を終了させる(ステップ7308)。そして、ロードZステージ2532を移動させて、供給ウエハを吸着したロードハンド2530を元の位置(ロードZステージのホーム位置)に戻す(ステップ7309)。

一方、アンロードハンド2531はアンロードZステージ2533の移動によって、ウエハチャック1807上の回収(露光済み)ウエハの裏面側となる位置に来るように動かされる(ステップ7310)。そして、ウエハステージ1899を露光時の位置からウエハ受渡し位置へ移動(下降)させる(ステップ7311)。次に、アンロードZステージ2533を移動させて、回収ウエハ裏面にアンロードハンド2531を接触させ(ステップ7312)、アンロードハンド2531の真空吸着を開始する(ステップ7313)。回収ウエハがアンロードハンド2531に吸着されると、ステップ7314の判定をYesで抜けるので、ウエハチャック1807の方の吸着を

終了させる(ステップ7316)。そして、アンロードZステージ2633を移動させて、回収ウエハを脱着したアンロードハンド2631を元の位置(アンロードZステージのホーム位置)に戻す(ステップ7316)。

次に、トラバーサX駆動部2638によって、ロードXステージ2636及びアンロードXステージ2637をロードハンド2630がウエハステージ側へ、アンロードハンド2631がオリフラ検知ステージ側へ来るように移動させる(ステップ7317)。次に、ロードZステージ2632を移動させて、ロードハンド2630に脱着保持された供給ウエハをウエハチャック1807表面に接触させ(ステップ7318)、ウエハチャック1807の真空吸着を開始する(ステップ7319)。供給ウエハがウエハチャック1807に吸着されると、ステップ7320の判定をYesで抜けるので、ロードハンド2630の方の脱着を終了させる(ステップ7321)。そして、ロードZステージ2632を移動させて、ロードハンド2630と供給ウエハ裏面とのクリアランス

を確保する(ステップ7322)。

次に、ウエハステージをブリAA位置へ移動(上昇)させ(ステップ7323)、ロードハンド2630を元の位置(ロードZステージのホーム位置)に戻す(ステップ7324)。一方、アンロードハンド2631はアンロードZステージ2633の移動によって、脱着保持した回収ウエハをオリフラ検知チャック2621表面に接触させ(ステップ7325)、オリフラ検知チャック2621の真空吸着を開始する(ステップ7326)。回収ウエハがオリフラ検知チャック2621に吸着されると、ステップ7327の判定をYesで抜けるので、アンロードハンド2631の方の脱着を終了させる(ステップ7328)。そして、アンロードZステージ2633を移動させて、アンロードハンド2631と回収ウエハ裏面とのクリアランスを確保する(ステップ7329)。次に、オリフラ検知Yステージ2629を上方に移動させて回収ウエハを運送させ(ステップ7330)、アンロードハンドを元の位置に(アンロードZステージのホーム位置)に戻す(ス

テップ7331)。次に、トラバーサX駆動部2638によって、ロードハンド2630及びアンロードハンド2631がストロークの中央のホーム位置に来るようにロードXステージ2636及びアンロードXステージ2637を移動させる(ステップ7332)。最後に、オリフラ検知Yステージを元の位置に戻す(ステップ7333)。

なお、供給ウエハが無い場合には、ステップ7301、7303~7309及び7318~7324は実行されない。同様に回収ウエハが無い場合には、ステップ7310~7316、7325~7331及び7333は実行されない。

第74図は、第68図で説明した本装置の脱付処理のうち、ウエハブリアライメントステップ6806のシーケンスを示すフローチャートである。このフローチャートは第2レイヤー以降のウエハ、つまりウエハ3上にすでにアライメントマークが描画されている状態のウエハ3のブリアライメントを示している。

なお、ウエハブリアライメントを開始する状態

では、前段シーケンスのオリフラ検知調整及びウエハロード調整により、ウエハ3は、第75図に示す様に、ウエハチャック1807へのチャッキング時の設計位置7501にはならず、X、Y及び回転方向にズレが生じた実際の位置7502になっている。また、ウエハ3の厚みも、理想ウエハの様な均一厚さでなく、厚みムラ、特にくさび成分を有している。

まず、ステップ7401で第1マークを計測する為に、第17図X駆動ステージ1710及びY駆動ステージ1706を駆動して、ブリ光学系の対物レンズ2106(第21図参照)と第1マークの設計位置7503とが対向する様にする。次に、ステップ7402において、Zチルト駆動用インテラーム1813(第18図参照)によってZチルトステージ1806を移動する。この際、Zチルト駆動用インテラーム1813の駆動は、Zチルト制御用変位センサ1820の出力に基づいて制御され、Zチルトステージ1806は予め設定されている基準ギャップ値Z<sub>00</sub>に対応する値だけ移動する。これにより、第25図に示した

ブリAF系2119~2124で、Zチルトステージ1805上のウエハ3のZ方向位置(Z方向ギャップ)を計測することが可能となる。

ステップ7403において、第21図のPSD2124の出力を第39図のブリAA・AF制御部3907で処理し、ギャップ値 $Z_1$ を計測する。ステップ7404では計測した実際のギャップ値 $Z_1$ と設定ギャップ値 $Z_{set}$ とから補正駆動量( $\Delta Z_1 = Z_{set} - Z_1$ )を算出し、現在計測しているウエハ面が $Z_{set}$ のギャップになる様、Zチルト駆動用インテグレート1813を駆動し、Zチルトステージ1805を移動させる。この状態で、ブリAA光学系(第21図参照)のピント合わせが達成されたことになる。次に、ステップ7405において、第21図のカメラセンサー2117の出力をブリAA・AF制御部3910で処理し、第1マークの設計位置7503と実際位置7505とのズレ $\Delta X_1$ 、 $\Delta Y_1$ を計測する。以上、ステップ7401からステップ7405の処理により、第1マーク位置での理想ウエハとの厚み差 $\Delta Z_1$ 及び設計位置からのズレ量( $\Delta X_1$ 、 $\Delta Y_1$ )が求められた。

ておく。もしくは、直ちに補正駆動をかける。最後に、ステップ7415においてZチルトステージ1803を下げ、チャッキングされているウエハ3をブリ光学系の対物レンズ2106から遠ざける位置に移動させる。

なお、以上の説明では、第2レイヤー以降のウエハを対象に述べたが、第1レイヤーのウエハの場合、アライメントズレ計測をするべきマークがウエハ上にないので、ステップ7405、7410のAA計測、ステップ7404、7409のピント出し駆動、ステップ7412の $\Delta \theta_1$ トレランス判定、ステップ7413の $\theta$ 補正駆動が不要となる。すなわち、この場合ブリアライメントシーケンスは、ウエハの厚み誤差 $\Delta Z_{PA}$ を求め、露光時に反映させることが目的となる。

次に、ブリアライメント補正量の計算式を第75図を用いて説明する。前図のステップ7405とステップ7410で計測したそれぞれのX、Y方向のズレ量( $\Delta X_1$ 、 $\Delta Y_1$ )( $\Delta X_2$ 、 $\Delta Y_2$ )より、ウエハ3全体のX、Y方向ズレを両者の平均と

次に、ステップ7406からステップ7410において、第2マークに対して第1マークで行なったと同じ処理を実行し、第2マーク位置での理想ウエハとの厚み差 $\Delta Z_2 (=Z_{set} - Z_2)$ 、及び設計位置7504からの実際位置7506のズレ量( $\Delta X_2$ 、 $\Delta Y_2$ )を求める。

ステップ7411において2つのマークズレからウエハ3の回転ズレ $\Delta \theta_1$ を算出する。ここで係数1は以下説明する補正駆動ループのイテレーション回数を示す。算出した $\Delta \theta_1$ をステップ7412で、予め設定された許容回転ズレと比較し、許容範囲外と見なされたなら、ステップ7413において、第18図に示す $\theta$ 駆動ステージ1806を $\theta$ 駆動機構1814~1816の駆動によりズレ量 $\Delta \theta_1$ だけ補正し、再びステップ7401に戻り第1マークのマークズレ計測から始まる。逆に許容範囲内と見なされたなら、ステップ7414において、このブリアライメントシーケンスで求めたウエハの厚み誤差 $\Delta Z_{PA}$ 、設計位置からのズレ( $\Delta X_{PA}$ 、 $\Delta Y_{PA}$ )及び $\Delta \theta_{PA}$ を露光時に補正がかけられる様記憶し

して、

$$\Delta X_1 = (b \cdot \Delta X_2 + a \cdot \Delta X_1) / L$$

$$\Delta Y_1 = (b \cdot \Delta Y_2 + a \cdot \Delta Y_1) / L$$

求める。ここで、aはウエハ中心7507から第1マーク設計位置7503までの距離(X方向距離)、bはウエハ中心7507から第2マーク設計位置7504までの距離(X方向距離)であり、マーク間距離 $L = a + b$ である。また係数1は前図のフローチャートの補正駆動ループのイテレーション回数を示す。また、回転ズレを両マーク間の距離とそれぞれのY方向へのズレ量より

$$\Delta \theta_1 = (\Delta Y_2 - \Delta Y_1) / L$$

とする。ここで、Y方向のズレを用いて回転ズレを算出しているのは、この図で示す様に、ウエハ中心7507をはさんで左右方向に第1マーク、第2マークを配置している為であり、もしウエハ中心をはさんで上下方向にマークが配置されていればX方向ズレにより求めることになる。

係数1が付いているこれらのズレ量は、今回のイテレーションでのズレ量であり、前図までの

ループを含めたこのシーケンス全体でのズレ量を

$$\Delta X = \Delta X + \Delta X_i$$

$$\Delta Y = \Delta Y + \Delta Y_i$$

として更新する。

最後にステップ7414でのブリアライメント補正量は

$$\Delta Z_{PA} = (b \cdot \Delta Z_1 + a \cdot \Delta Z_2) / L$$

$$\Delta X_{PA} = \Delta X$$

$$\Delta Y_{PA} = \Delta Y$$

$$\Delta \theta_{PA} = \Delta \theta_i$$

となる。ここで $\Delta \theta_{PA}$ は $\theta$ 補正しきれなかった量(ただしトレランス内)であり、露光時にそのショット位置ごとのX、Y成分に換算して補正する。

次に、第17図、第27～29図及び第76図を用いて、第68図に示したマスク図収6808のシーケンスを説明する。まずウエハステージ1899をマスク搬送系の動作に干渉しない位置(SOR側から見て露光中心の左上方)に退避させる(ステッ

マスクステージチャックマグネットに対する逆動磁を中止する(ステップ7609)。

次に、トラバースユニット2601を、アームユニット2603が旋回可能な、マスクステージ1901とマスクカセット1301の真ん中のホーム位置へ移動させる(ステップ7610)。そして、アーム旋回用のモータ2707によって、マスクハンド2602がマスクステージ方向からマスクカセット方向に向くようにアームユニット2603を旋回させる(ステップ7611)。次に、トラバースユニット2601を前記ホーム位置からマスクカセット側へ移動させる(ステップ7612)。そして、トラバースユニット2601によってマスク2を把持したマスクハンド2602をカセットステージ3001に対して突き当てる(ステップ7613)。

ステップ7605と同様にして、所定の突き当て力が得られるとステップ7614の判定をYesで抜ける。次に、マスクチャック3002を逆動磁して吸着力をなくし(ステップ7615)、マスクハンド上下用モータ2706によってマスクハンド2602

プ7601)。次に、マスクハンド2602を開いて(ステップ7602)、トラバースユニット2601をマスクカセット側の待機位置からマスクステージ側まで移動させる(ステップ7603)。そして、トラバースユニット2601によって、マスクステージ1999上に吸着保持されているマスク2に対してマスクハンド2602を突き当てる(ステップ7604)。その際の突き当て力を突き当てセンサ2705で検出して、所定の突き当て力が得られたかどうかを判断する(ステップ7608)。所定の突き当て力に足りなければ、このステップの判定をNoで抜けてステップ7604に戻る。所定の突き当て力が得られれば、この判定をYesで抜けてマスクハンドを開じる(ステップ7606)。

次に、マスクステージ1999のチャックマグネットに電流を流す逆動磁によってマスク2に対する吸着力をなくし(ステップ7607)、マスクハンド上下用モータ2706によってマスクハンド2602をZ方向に移動させて、マスクステージ1901からマスク2を分離する(ステップ7608)。そして、

をZ方向に移動させて、マスク2をカセットステージ面と接触させる(ステップ7616)。そして、マスクチャック3002の逆動磁を中止して、マスクチャック3002によってマスク2を吸着保持する(ステップ7617)。最後に、マスクハンド2602を開いて(ステップ7618)、トラバースユニット2601をホーム位置に移動させ(ステップ7619)、マスクハンド2602を開じる(ステップ7620)。

次に、第17図、第27～29図及び第76図を用いて、第68図に示したマスク接地6809のシーケンスを説明する。まず、インデクサ2810を駆動して、カセット本体2801を1マスク分ずつ回転させ(ステップ7701)、次に使用するマスクかどうかのチェックを行う(ステップ7702)。指定マスクであれば、ステップ7702の判定をYesで抜ける。次に、マスクハンド2602を開いて(7703)、トラバースユニット2601をマスクステージ1999とマスクカセット1310の真ん中のホーム位置からマスクカセット側へ移動させる(ステップ7704)。そして、カセットステージ

3001上に吸着保持されているマスク2に対してトラバースユニット2601によってマスクハンドを突き当てる(ステップ7705)。その際の突き当てセンサ2705で検出して、所定の突き当て力が得られたかどうかを判断する(ステップ7706)。所定の突き当て力に足りなければ、このステップの判定をNoで抜けてステップ7705に戻る。所定の突き当て力が得られれば、この判定をYesで抜けてマスクハンド2602を開じる(ステップ7707)。

次に、カセットステージ3001のチャックマグネットに電流を流す逆動磁によってマスク2に対する吸着力をなくし(ステップ7708)、マスクハンド上下用モータ2706によってマスクハンドをZ方向に移動させて、カセットステージ3001からマスク2を分離する(ステップ7709)。そして、カセットステージチャックマグネットに対する逆動磁を中止する(ステップ7710)。

次に、トラバースユニット2601をアームユニット2603が旋回可能なホーム位置へ移動させる

(ステップ7711)。そして、アーム旋回用のモータ2707によって、マスクハンド2602がマスクカセット方向からマスクステージ方向に向くように、アームユニットを旋回させる(ステップ7712)。次に、トラバースユニット2601を前記ホーム位置からマスクステージ側へ移動させる(ステップ7713)。そして、トラバースユニット2601によって、マスク2を把持したマスクハンド2602をマスクステージ1901上のマスク位置決めVブロック1905に対して突き当てる(ステップ7714)。

ステップ7708と同様にして、所定の突き当て力が得られると、ステップ7715の判定をYesで抜ける。次に、マスクステージ1909のチャックマグネットを逆動磁して吸着力をなくし(ステップ7716)、マスクハンド上下用モータ2706によってマスクハンド2602をZ方向に移動させて、マスク2をマスクステージ面に接触させる(ステップ7717)。そして、チャックマグネットの逆動磁を中止して、チャックマグネットによってマスク2を吸着保持する(ステップ7718)。最後に、マ

スクハンド2602を開いて(ステップ7719)、トラバースユニット2601をマスクカセット側の待機位置に移動させ(ステップ7720)、マスクハンドを開じる(ステップ7721)。

第78図は、第68図で説明した本装置の焼付装置のうちマスクアライメントのシーケンス、即ちステップ6810を示すフローチャートである。マスクアライメントを開始する状態では、前段のシーケンスのマスク設置時のチャッキング精度により、第79図に示す様に、マスクチャック1903へのマスク2のチャッキングは設計位置7901にならず、X、Y及び回転方向にズレが生じ、実際のチャッキング位置7902になっている。よって、これから計測すべきマスクAAマーク(Y<sub>0</sub>マーク、Y<sub>L</sub>マーク、X<sub>0</sub>マーク、X<sub>R</sub>マーク)も設計位置7903~7906からそれぞれ実際位置7907~7910にズレている。

まず、ステップ7801で、4つあるピツクアップ2401がそれぞれ計測しようとしているマークの設計位置7903~7906に対向するように、ピツク

アップステージ2411を駆動する。次に、各マークを計測していくわけであるが、前述したように、マスクアライメントに利用される座標基準マーク1821(第18図参照)はZチルトステージ1805上の1ヶ所にまとめられており、同時に4マークを計測することは不可能である。従って、本実施例では、座標基準マーク1821をそれぞれのマークと順に対向させ、シーケンシャルに計測していくことになる。すなわち、以下に説明するステップ7802からステップ7811までの一連の処理が、1マーク計測にかかわるシーケンスであり、このループを4回繰返すことにより、1回のズレ計測が行える。

ステップ7802において、今計測しようとしているマスクAAマークの設計位置、たとえば7903と対向する位置にZチルトステージ1805上にある座標基準マーク1821がくる様に、Y粗動ステージ1705及びX粗動ステージ1710を駆動する。ステップ7803においては、マスク2と座標基準マーク1821とのギャップ計測が、第23図に

示すピックアップ2401を用いて行える位置までZチルトステージ1805をZチルト駆動用インチャーム1713を駆動して移動させる。そして、ステップ7804において、第23図のAFセンサ2332の出力を第39図に示したフラインAA・AF制御部3910より処理し、AF信号Z<sub>n</sub>（マスクAAマーク7903の場合）を計測する。

次に、ステップ7805で、現在の計測値Z<sub>n</sub>とマスクAA計測のための設定ギャップZ<sub>MA</sub>とから補正駆動量 $\Delta Z_n = Z_{MA} - Z_n$ を算出し、マスク2と座標基準マーク1821とのギャップが設定ギャップZ<sub>MA</sub>になる様Zチルト駆動用インチャーム1813を駆動し、Zチルトステージ1805を移動させる。この後、ステップ7806において、第23図のAAセンサ2331の出力をフラインAA・AF制御部3910で処理することにより、AA信号 $\Delta Y_n$ （マスクAAマーク7903の場合）を計測する。この信号は、座標基準マーク1821とマスクAAマークのズレから生じるものである。なお、座標基準マーク1821はステージ1899の送り精度により、

ほぼ設計位置にあるので、このズレはマスクAAマークの設計位置からのズレとなる。

ステップ7808において、計測した値が充分な計測精度が得られるトレランス内か否かを判別し、トレランス外ならば、計測しているズレに応じX方向あるいはY方向へのステージ1899の補正駆動を行い、座標基準マーク1821をマスクAAマークの実際の位置例えば7907に近づけ、再びAA計測をする為にステップ7806に戻る。なお、この時駆動した量もマークズレ量に加える。もし、ステップ7808でトレランス内と判別されたなら、1マークに対する計測を完了したことになり、ステップ7810で座標基準マーク1821がマスク2から離れる方向にZチルトステージ1805を駆動し、座標基準マーク1821が他のマスクAAマークと対向できる準備をする。ステップ7811で、4マークすべての計測が終了したかチェックし、まだ未計測のマークが残っているならステップ7802に戻り、座標基準マーク1821を次のマスクAAマークの設計位置、例えば7904と対向させ、上で

述べたステップ7802から7810のシーケンスにより計測を繰返す。

もし、4マークの計測が終了したなら、ステップ7812でマスク全体の設計位置からのズレ $\Delta X_i$ 、 $\Delta Y_i$ 及び $\Delta \theta_i$ を、4つの計測データ $\Delta Y_n$ 、 $\Delta X_n$ 、 $\Delta Y_L$ 、 $\Delta X_L$ から求める。ここで添字iは補正駆動ループのイテレーション回数を示す。ステップ7813で、このズレ量を予め定められている許容値と比較し、トレランス内なら、ステップ7812で算出したズレ量を、露光時の補正量となる様記憶し、マスクアライメントシーケンスを終了する。逆に、ズレ量がトレランス外なら、ステップ7816で $\Delta \theta$ を補正する様、マスク $\theta$ プレート1912を駆動し、再び、4マークを計測する為にステップ7801に戻る。ステップ7801に戻り、ピックアップ2410を移動する理由は、マスク2自身を動かしたためである。さらに、ステップ7802での座標基準マーク1821の設定位置も、1回目のマスクAAマークの設計位置7903~7908ではなく、ステップ7812で算出した $\Delta X_i$ 、 $\Delta Y_i$ 及び $\Delta \theta_i$ を考慮

した位置となる。

次に、第79図を用いて、マスクアライメント補正量の具体的な計算式を示す。前図のステップ7806で計測した、4マークそれぞれのX、Y方向のズレ量、 $\Delta Y_n$ 、 $\Delta X_n$ 、 $\Delta Y_L$ 、 $\Delta X_L$ より、マスク2全体の設計位置からのX、Y方向ズレを

$$\Delta X_i = (\Delta X_n + \Delta X_L) / 2$$

$$\Delta Y_i = (\Delta Y_n + \Delta Y_L) / 2$$

なる平均値とする。ここで添字iは前図のフローチャートの補正駆動ループのイテレーション回数を表す。この場合、各マスクAAマークの設計位置7903~7908はマスク2の中心から対称な位置に配置されているものと考えている。次に、回転ズレをX、Yの各方向で向かいあうマーク間の距離と、それぞれのX方向ズレ、Y方向ズレより、

$$\Delta \theta_i = n - \Delta \theta_v + (1-n) \cdot \Delta \theta_x, \quad 0 \leq n \leq 1$$

ただし、 $\Delta \theta_v = (\Delta Y_L - \Delta Y_n) / L$

$$\Delta \theta_x = (\Delta X_L - \Delta X_n) / L$$

とする。 $\Delta \theta_v$ 、 $\Delta \theta_x$ は、それぞれYズレ情報

からの回転ズレ量、Xズレ情報からの回転ズレ量であり、 $\Delta \theta_1$ はその $\Delta \theta_y$ 、 $\Delta \theta_x$ の一次結合となっている。 $\alpha=0.5$ なら $\Delta \theta_1$ は $\Delta \theta_y$ 、 $\Delta \theta_x$ の平均である。

また、計測時に、あるマーク、例えば $\Delta X_u$ の計測エラーが生じた場合には、

$$\Delta X_1 = \Delta X_u$$

$$\Delta \theta_1 = \Delta \theta_y$$

とする事で、マスク全体のズレを求める事も可能である。

番字1が付いているこれらのズレ量は、今回のイテレーションでのズレ量であり、ループを始めた本シーケンス全体でのズレ量を

$$\Delta X_{uA} = \Delta X_{uA} + \Delta X_1$$

$$\Delta Y_{uA} = \Delta Y_{uA} + \Delta Y_1$$

$$\Delta \theta_{uA} = \Delta \theta_{uA} + \Delta \theta_1$$

として更新する。前回のステップ7812で記憶する、露光時に考慮する補正量は、これらの最終時の値となる。 $\Delta \theta_{uA}$ は、マスクθプレート1912にフィードバックされる値であり、 $\Delta X_{uA}$ 、 $\Delta Y_{uA}$

はそれぞれウエハ側のX駆動ステージ1710、Y駆動ステージ1705にフィードバックされる値である。

第80図は、第68図で説明した本装置の換付処理のうちステップアンドリビート露光ステップ6811のシーケンスを示すフローチャートである。ただし、このフローチャートは、前述のブリアライメントシーケンスと同様、第2レイヤー以降のウエハ、つまりウエハ3上にすでにアライメントマークが描画されているウエハ3に対するステップアンドリビート露光を説明するものである。ステップアンドリビート露光の開始状態では、ウエハ3はブリアライメント6805を終了してウエハチャック1807に吸着されており、マスク2はマスクアライメント6810を終了してマスクθずれ $\Delta \theta_{uA}$ がとれた状態でマスクチャック1903に吸着されている。

まず、ステップ8001で、アライメントマークを計測する為に、ピックアップステージ制御部3906を介して4つのピックアップ2401を駆動し

て、第23図に示すように、アライメント用の投光ビーム2307がマスク上マーク2332のそれぞれに当たる様にする。次に、ステップ8002で、ステージ制御部3918を介してX駆動ステージ1710及びY駆動ステージ1705を駆動し、第82図に示すように、これから露光しようとするウエハ上パターン8201がマスク上パターン8202と対向する様にする。そして、ステップ8003で、ステージ制御部3918を介してZチルトステージ1805を駆動し、ウエハ3とマスク2との距離がピックアップ2401で計測できる位置(AF計測ギャップ位置)まで移動させる。続いて、ステップ8004では4つのピックアップ2401の各AFセンサ2332の出力を第39図に示したファインAA・AF制御部3910で処理して、4つのマーク位置でのマスク2とウエハ3の間のギャップ $Z_1$ 、 $Z_2$ 、 $Z_3$ 、 $Z_4$ を計測する。ステップ8005では、前ステップで計測した4点のギャップ値から、今露光しようとするショット全体で、AA計測ショット露光ギャップ位置 $Z_{exp}$ からのずれが最も小さくなる様に、補正

駆動量 $\Delta Z$ 、 $\Delta \omega_x$ 、 $\Delta \omega_y$ を算出し、ステージ制御部3918を介してZチルトステージ1805を移動させる。この状態でオートフォーカスが完了し、マスク2とウエハ3との間のギャップがほぼ等しく保たれている。

次に、ステップ8006で、4つのAAセンサ2331(第23図参照)の出力をファインAA・AF制御部3910で処理して、4つのマーク位置でのマスク上マーク2332とウエハ上マーク8203とのAA方向のずれ $\Delta X_u$ 、 $\Delta X_v$ 、 $\Delta Y_u$ 、 $\Delta Y_v$ を計測する。ステップ8007では、前ステップで計測した4点のずれ量から、ショット中心におけるマスク上パターン8202とウエハ上パターン8201とのずれ $\Delta X$ 、 $\Delta Y$ 、 $\Delta \theta$ を前述のように計算する。ステップ8008では、前ステップで計算したずれ量 $\Delta X$ 、 $\Delta Y$ 、 $\Delta \theta$ をトレランス判定する。トレランス外ならば、ステップ8009でステージ制御部3918を介してX駆動ステージ1710、X駆動ステージ1803、Y駆動ステージ1705、Y駆動ステージ1802を駆動して、ウエハステージ側でX、Y方向のずれ

を修正し、一方でマスクθプレート1912を駆動してマスクステージ側でθずれを修正し、ステップ8008のAA計測に戻る。

ステップ8008でX, Y, θずれがトレランス内ならば、ステップ8010で1ショット露光を行う。ここでは、X線露度計1541で現在のX線強度を測定し、必要光量から前述のように露光時間を求める。この露光時間とX線の減衰分(プロファイル修正用データ)をシャッタ制御部3918に与え、露光ショット全面に均しくX線1が照射される様にメインシャッタユニット1501を駆動する。

露光が終了したら、ステップ8011で、ステージ制御部3918を介してギャップ解除位置までZチルトステージ1805を駆動し、ウエハ3をマスク2から遠ざける。そして、ステップ8012で次に露光すべきショットがあるか無いかを判断し、無ければ本シーケンスを終了し、有れば次のショットの露光のためにステップ8002に戻る。

なお、以上の説明では、第2レイヤー以降のウエ

ハを対象に述べたが、第1レイヤーのウエハの場合、アライメントずれを計測するべきマークがウエハ上にないので、ステップ8006~8009のAA計測ずれ量計算、トレランス判定、修正駆動が不要となる。すなわち、本ステップアンドリピート露光シーケンスでは、ウエハ3の厚みムラや歪みの検出への影響を除くことが目的となる。

Zチルト修正量の計算式を第81図を用いて説明する。ステップ8004で、ウエハ3がAF計測位置近傍にある状態で計測した4つのマーク位置でのマスク2とウエハ3との間のギャップから、そのショットを平面に近似する。ウエハ3は本来平面ではあるが、厚みムラがあり、またプロセスが進むにつれて歪みが生じるので、露光しようとするショット全体で、AA計測ショット露光ギャップ位置からのずれが最も小さくなる様に、ギャップ修正をする必要がある。まず、4つの計測ポイントの座標とそれぞれの位置でのギャップ計測値を、3次元座標

$$(X_i, Y_i, Z_i) \quad i=1\sim4$$

$$Z_0 = (1 - aX_0 - bY_0) / c$$

で表わされ、 $Z_{exp}$ はAA計測ショット露光ギャップ位置である。上記手順で求められたZチルト修正量 $\Delta Z$ 、 $\Delta \omega_x$ 、 $\Delta \omega_y$ をステージ制御部3918に与えることによって、Zチルトステージ1805を駆動し、露光ショットのウエハ表面をAA計測ショット露光ギャップ位置にほぼ一致させる。

次に、X, Y, θ修正量の計算式を第82図を用いて説明する。ステップ8006で計測した4つのマーク位置でのずれ量 $\Delta X_0$ 、 $\Delta X_1$ 、 $\Delta Y_1$ 、 $\Delta Y_0$ から露光するショット中心でのX, Y, θ方向のずれを計算する。各マークではマスク上マーク2332とウエハ上マーク8203のX方向あるいはY方向のどちらか一方のずれを検出するので、ショット中心でのX, Y方向のずれは向かいあうマークのずれの平均

$$\Delta X = (\Delta X_0 + \Delta X_1) / 2$$

$$\Delta Y = (\Delta Y_1 + \Delta Y_0) / 2$$

となる。また、θ方向のずれは、向かいあうマーク間の距離 $L_x$ 、 $L_y$ と各マーク位置でのずれより、

とし、平面方程式

$$aX + bY + cZ = 1 \quad i=1\sim4$$

を満たすパラメータ(a, b, c)を最小二乗法により解く。

次にこの近似平面からZチルト修正量を求める。この平面の法線ベクトル $\vec{n} = (a, b, c)$ を正規化し、

$$\vec{n}_0 = (a_0, b_0, c_0),$$

$$\|\vec{n}_0\| = \sqrt{a_0^2 + b_0^2 + c_0^2} = 1$$

とする。今、合わせたい平面の法線ベクトルは、 $\vec{n} = (0, 0, 1)$

なので、ショット中心におけるチルト修正量、即ちX軸まわりの修正量 $\Delta \omega_x$ 、及びY軸まわりの修正量 $\Delta \omega_y$ は、

$$\Delta \omega_x = \tan^{-1}(b_0 / c_0)$$

$$\Delta \omega_y = \tan^{-1}(a_0 / \sqrt{b_0^2 + c_0^2})$$

となる。一方、Z修正量 $\Delta Z$ は前記平面の式から

$$\Delta Z = Z_0 - Z_{exp}$$

となる。ここで、 $Z_0$ はショット中心( $X_0$ ,  $Y_0$ )での近似平面のギャップであり、

$$\Delta \theta = n \cdot \Delta \theta_y + (1-n) \Delta \theta_x, \quad 0 \leq n \leq 1$$

$$\text{ただし } \Delta \theta_y = (\Delta Y_2 - \Delta Y_1) / L_y$$

$$\Delta \theta_x = (\Delta X_2 - \Delta X_1) / L_x$$

となる。 $\Delta \theta_y$ 、 $\Delta \theta_x$ はそれぞれYズレ情報からの回転ずれ量、Xズレ情報からの回転ずれ量であり、 $\Delta \theta$ はその $\Delta \theta_y$ 、 $\Delta \theta_x$ の一次結合となっている。 $n=0.5$ なら $\Delta \theta$ は $\Delta \theta_y$ 、 $\Delta \theta_x$ の平均である。もし、計測時にあるマーク、例えば $\Delta X_1$ の計測エラーが生じた場合や露光ショットがウエハの端に位置して $\Delta X_1$ の計測が不可能な場合には、

$$\Delta X = \Delta X_1$$

$$\Delta \theta = \Delta \theta_y$$

とすることでマスク上パターン8202とウエハ上パターン8201とのずれを求めることが可能となる。これらのずれ量 $\Delta X$ 、 $\Delta Y$ 、 $\Delta \theta$ はそれぞれステージ制御部3918にフィードバックする値であり、 $\Delta X$ 、 $\Delta Y$ はウエハステージ側で、 $\Delta \theta$ はマスクステージ側で補正駆動を行うのは前述した通りである。

次に、第25図及び第83図を用いて、第88図に

2514によって、イジエクターハンド2512を垂直から水平に回転させる（ステップ8308）。次に、イジエクターωy駆動部2515によってイジエクター1304を旋回させて、イジエクターハンド2512を回収キャリヤに対向させる（ステップ8309）。次に、イジエクターハンド2512に吸着された回収ウエハが回収キャリヤ内に入るように、イジエクターXステージ2517を移動させる（ステップ8310）。

そして、イジエクターハンド2512の吸着を終了して（ステップ8311）、回収エレベータ駆動部2509によって回収キャリヤ1ピッチ分上昇させる（ステップ8312）。次に、イジエクターXステージ2517によってイジエクターハンド2512を元の位置に引き戻し（ステップ8313）、イジエクター1304をステップ8309と逆に旋回させて（ステップ8314）第25図の状態にする。

第84図に、露光ユニット102の正面断面図と側面断面図を示す。この図において、ウエハ3はウエハチャック1807に真空吸着されており、ウ

エハチャック1807のシーケンスを説明する。まず、イジエクターハンド2512が、オリフラ検知チャック2521に吸着保持されている回収ウエハ裏面側に来るように、イジエクターXステージ2517をホーム位置から移動させる（ステップ8301）。次に、イジエクターZステージ2520を移動させて、ウエハ裏面にイジエクターハンド2512を接触させ（ステップ8302）、イジエクターハンド2512の真空吸着を開始する（ステップ8303）。回収ウエハがイジエクターハンド2512に吸着されると、ステップ8304の判定をYesで抜けるので、オリフラ検知チャックの方の吸着を終了させる（ステップ8305）。そして、イジエクターZステージ2520を移動させて、回収ウエハを吸着したイジエクターハンド2512をオリフラ検知チャック面から遠ざける（ステップ8306）。次に、イジエクターXステージ2517を移動させて、イジエクターハンド2512をホーム位置（第69図ステップ6902実行前の位置）に戻す（ステップ8307）。そして、イジエクターωx駆動部

エハチャック1807はX駆動ステージ1710上に取り付けられ、Y駆動ガイドバー1711上を走り、X駆動ガイドバー1711はY駆動ステージ1705に固定されている。Y駆動ステージ1705はY駆動ガイドバー1706上を走り、Y駆動ガイドバー1711はメインフレーム1701に固定されている。マスク2はメインフレーム1701に隣に固定されたAAフレーム2604に取付けられている。

メインフレーム1701はメインチャンバー3101と3点で結合されており、上部の1点は剛に締結されており、上部の他の1点はY方向のみを拘束する吸収機構8415、下部の1点はZ方向のみを拘束する吸収機構8416で支持されている。吸収機構8415と吸収機構8416は、メインチャンバー3101の真空排気による変形の影響や機構材質の違いによる熱変形の影響がメインフレーム1701へ及ばないように取付けられている。更に、メインチャンバー3101は除塵ベース8405と3点で結合されており、上部の1点は剛に締結されており、上部の他の1点はY方向のみを拘束する吸収機構

8413、下部の1点はZ方向のみを拘束する吸収機構8414で支持されている。吸収機構8413と吸収機構8414は、除塵ベース8405の静的変形の影響や構成材質の違いによる熱変形の影響がメインテナンスバー3101に及ばないように取付けられている。

露光ユニット102は微細パターンの形成されたマスク2と感光体の塗布されたウエハ3を対向させ、X線1によりマスク2の微細パターンをウエハ3に焼付ける装置であり、マスク2とウエハ3の相対位置ずれは焼付け性能低下を引き起こす。メインフレーム1701に取付けられているメカ部品（以下、露光装置本体と呼ぶ）の1次固有振動数は100Hz程度なので、高い周波数成分を含む振動が入ってくると共振を起こし、マスク2とウエハ3の相対位置ずれの原因となるので、除塵ベース8405を除塵しなければならない。露光装置本体は床に固定された除塵架台8401上に配置された3つのエアサスペンション8402、8403、8404に懸架された状態で除塵されている。3つのエアサスペン

ション8402～8404には3系統のエア配管2412が接続されている。

マスク2とウエハ3は10 $\mu$ m～50 $\mu$ mのプロキシマイザツブのある状態で焼付けが行われるので、X線1の光軸とマスク2あるいはウエハ3の軸だおれ及び位置ずれ、焼付パターンずれを引き起こし、焼付け性能低下につながる。よって、X線1の光軸に対し常にマスク2、ウエハ3面の位置と角度を維持できるようにしなければならない。露光装置本体は、エアサスペンションに比べオーダー違いに固有振動数が高いので、除塵ベース8405をX、Y、Z、 $\omega_x$ 、 $\omega_y$ 、 $\omega_z$ にアクチュエートすることで、マスク2とウエハ3は一体で動かすことができる。またX線1は床に対し振動できる変動しかなく、床と除塵架台8401の相対変動はない。

この時、除塵架台8401の上に配置された3つのエアサスペンション8402～8404に3つの変位センサー8406、8408、8410を取り付け、除塵ベース8405のそのターゲット8407、8409、

8411を設けて、除塵架台8401に対する除塵ベース8405の相対変位を測定して、その信号を元に3つのエアサスペンション8402～8404にフィードバックをかけて、エアサスペンション8402～8404をアクチュエーターとして6軸制御を行う。

第85図は第84図にて掲載の姿勢制御機構を制御する電気ブロック図である。

ドライバ8501～3は、エアサスペンション8402～4をアクチュエートする不図示の電液弁を、開閉制御する電気ブロックである。これらのドライバ8501～3はCPU8510よりD/A変換器8507を通して与えられるアナログ信号にもとづいて動作する。変位センサ8406、8408、8410は例えば静電容量センサ、または渦電流センサであり、これらの変位センサ8406、8408、8410からの信号を、センサアンプ8504～6は測定データに比例したDC電圧信号に変換する。A/D変換器8508は、上記DC電圧信号をデジタル化して、バス8509内に取り込む機能を持つ。CPU8510は、A/D変換器8508により取り込まれた

信号に基づいて、ドライバ8501～3側に制御信号を与える、いわゆるソフトサーボ機構を構成している。さらに同CPU8510は通信I/F3903bを介して、上位の本体コントロールユニット3902と指示座標や現在位置座標のやりとりができるようになっている。

〔発明の効果〕

上述したように、本発明によれば、SOR光露を用いて、例えば64メガビット以上のDRAMの製造工程で使用可能な半導体製造用露光装置の提供が可能になる。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の一実施例を示す全景図、

第2図はX線プロキシミティー露光の概念図、

第3図は各種の露光方式を示す図、

第4図は従来のX線露光装置の一例を示す図、

第5図は従来のSOR-X線露光装置の一例を示す図、

第6図はシンクロトロン放射光の概念図、

第7図は無機基板材料及び有機基板材料をそれぞれ

れ用いたマスクの模式図、

第8図は一括露光方式におけるマスクの熱歪の概全図、

第9図はスキャン露光方式におけるマスクの熱歪の概全図、

第10図は本発明の露光装置の概全図、

第11図は本発明の露光装置における露光領域でのX線強度プロファイルを示す図、

第12図は空気及びヘリウムの熱伝導率と気圧との関係を示す図、

第13図は露光ユニットの構成を示す図、

第14図はX線ミラー部の構成を示す図、

第15図は露光シャッター装置の構成を示す図、

第16図は露光シャッター装置の配置を示す図、

第17図はステージ装置の構成を示す図、

第18図はウエハ搬送ステージの構成を示す図、

第19図はマスクDステージの構成を示す図、

第20図はレーザ測長光学系の配置を模式的に示す図、

第21図はプリアライメントシステムの光学配置

第40図はファインAA・AF制御部のブロック図、

第41図はブリAA・AF制御部のブロック図、

第42図はピックアップステージ制御部のブロック図、

第43図はシャッター制御部のブロック図、

第44図はパルスジェネレータ回路のブロック図、

第45図はステージ制御部のブロック図、

第46図は搬送制御部のブロック図、

第47図はミラー制御部のブロック図、

第48図は環境制御部のブロック図、

第49図は全体制御のフローチャート、

第50図は長期休止立上げのフローチャート、

第51図は長期休止立上げ時のメインチャンバー給排気系処理のフローチャート、

第52図は長期休止立上げ時のウエハロードチャンバー給排気系処理のフローチャート、

第53図は長期休止立上げ時の各アクチュエータ初期化のフローチャート、

第54図は長期休止のフローチャート、

第55図は長期休止時のメインチャンバー給排気

系を示す図、

第22図はプリアライメントシステムの異取図、

第23図はピックアップ部の光学部品構成を示す図、

第24図はファインAA部の構成を示す図、

第25図はウエハ搬送系の外観図、

第26図はマスク搬送部の配置を示す図、

第27図はマスク搬送部の構成を示す図、

第28図はマスクカセットローダーの構成を示す図、

第29図はマスクカセットローダーの動作を示す図、

第30図はマスクカセットの構成を示す図、

第31図はチャンバー構成を示す図、

第32図は給排気系のブロック図、

第33図はウエハロードロック機構を示す図、

第34図はマスクロードロック機構を示す図、

第35図は圧力・純度管理及びミラーポートの給排気系を示す図、

第36図はX線露光装置の全体制御ブロック図、

第37図はコンソールユニットのブロック図、

第38図はメインユニットのブロック図、

第39図は本体制御ユニットのブロック図、

系処理のフローチャート、

第56図は長期休止時のウエハロードチャンバー給排気系処理のフローチャート、

第57図は長期休止時のマスクチャンバー給排気系処理のフローチャート、

第58図はウエハ供給キャリヤ取り出しのフローチャート、

第59図はウエハ供給キャリヤ設置のフローチャート、

第60図はマスクカセット取り出しのフローチャート、

第61図はマスクカセット設置のフローチャート、

第62図はX線強度プロファイル計測のフローチャート、

第63図はX線強度プロファイルの計測位置を示す図、

第64図はX線強度プロファイルの算出を説明するための図、

第65図は露光エリア内の各点における露光時間の例を示す図、

第66図はシャツタ速度制御データの設定を説明するための図、

第67図はシャツタ装置の概略を示す図、

第68図は露光処理のフローチャート、

第69図はウエハ供給のフローチャート、

第70図はオリフラ検知のフローチャート、

第71図はオリフラ検知のステージの回転角に対するステージ中心からウエハエッジまでの距離の变化を示す図、

第72図はステージ中心座標系でウエハを示す図、

第73図はロード／アンロードのフローチャート、

第74図はブリアライメントのフローチャート、

第75図はブリアライメントマーク位置の概略図、

第76図はマスク回収のフローチャート、

第77図はマスク設置のフローチャート、

第78図はマスクアライメントのフローチャート、

第79図はマスクアライメントマーク位置の概略図、

第80図はストップアンドリピート露光のフローチャート、

第81図はウエハAFの概略図、

第82図はウエハAAの概略図、

第83図はウエハ回収のフローチャート、

第84図は露光ユニットの正面断面図と側面断面図、

第85図は制御系制御部のブロック図、である。

101…ミラーユニット、

102…露光ユニット、

103…電気制御ユニット、

104…位置制御ユニット、

105…排気ユニット、

106…給気制御ユニット、

1301…ステージ装置、

1302…ファインアライメントシステム、

1303…ウエハ供給回収エレベーター

1304…イジエクター、

1305…オリフラ検知ステージ、

1306…ウエハトラバース、

1307…ブリアライメントシステム、

3109…ウエハロードチャンバー

3110…ウエハアンロードゲートバルブ、

3111…ウエハアンロードチャンバー

3512…B区

1308…露光シャツター装置、

1309…マスクカセットローダー、

1310…マスクカセット、

1311…マスク搬送装置、

1312…計測光学系、

1501…メインシャツターユニット、

1502…補助シャツターユニット、

1541…X線露光計、

1551…X線ディテクタ、

1401…X線ミラー、

1701…メインフレーム、

1899…ウエハ搬送ステージ、

1999…マスクθステージ、

2604…AAフレーム、

3101…メインチャンバー、

3102…マスクゲートバルブ、

3103…マスクチャンバー、

3104…シャツターチャンバー、

3107…ウエハイジエクターチャンバー、

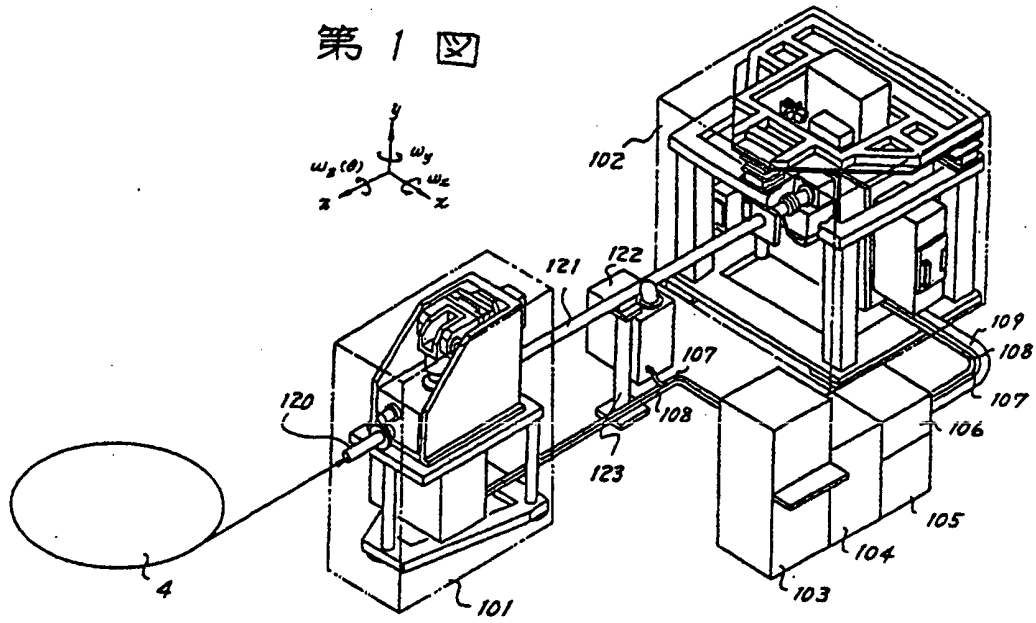
3108…ウエハロードゲートバルブ、

出願人 キヤノン株式会社

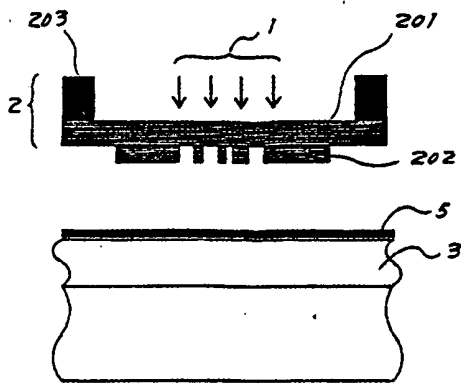
代理人 丸 島 隆 一



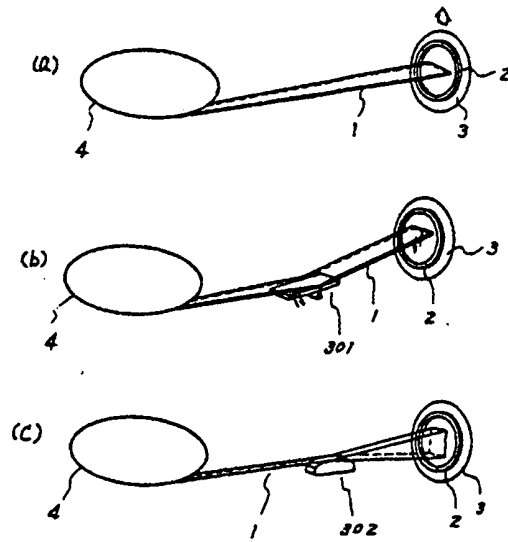
第 1 図



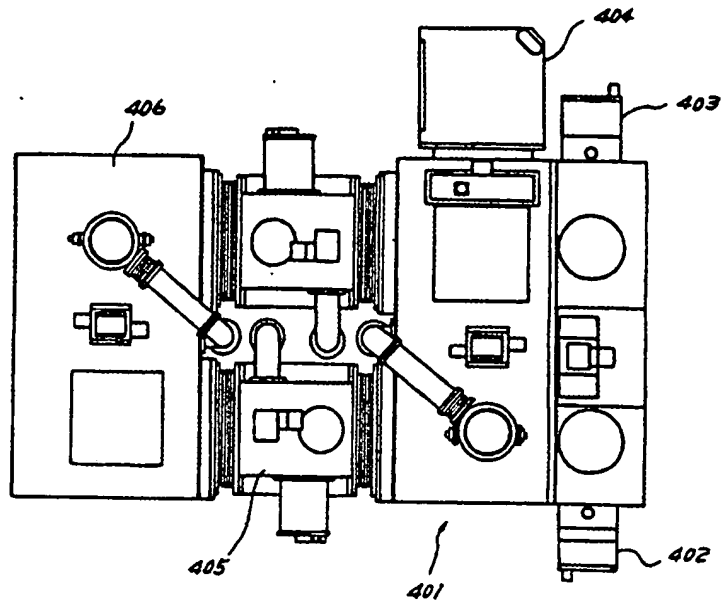
第 2 図



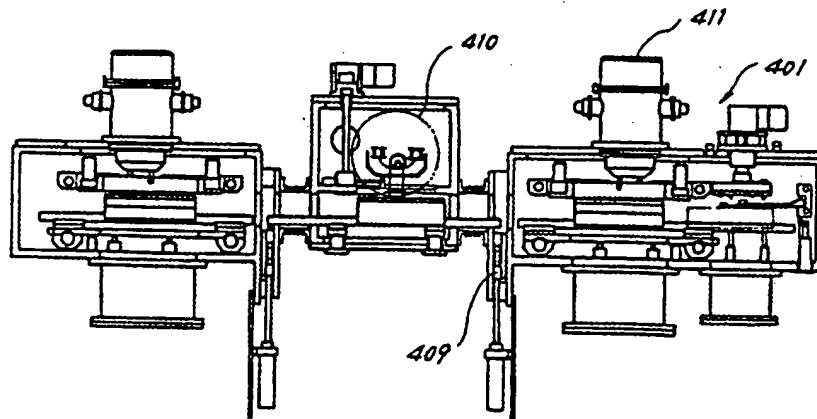
第 3 図



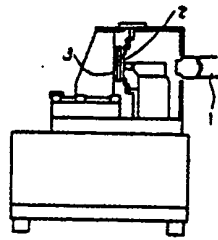
第4図(a)



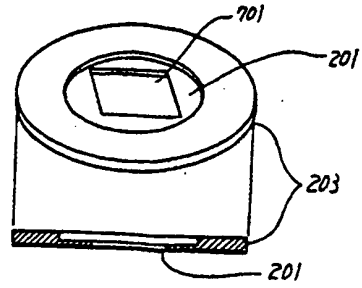
第4図(b)



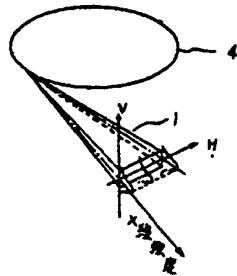
第5図



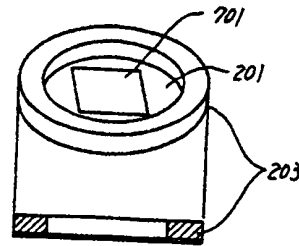
第7図(a)



第6図(a)



第7図(b)



第6図(b)

